

**ANALISIS PERFORMANSI *WIRELESS* LAN IEEE 802.11n  
PADA FREKUENSI 2.4GHz TERHADAP INTERFERENSI *RECTENNA*  
DENGAN VARIASI SUDUT**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**NAUVALINO RUDINO  
NIM: 125060307111026**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS PERFORMANSI *WIRELESS* LAN IEEE 802.11n  
PADA FREKUENSI 2.4GHz TERHADAP INTERFERENSI *RECTENNA*  
DENGAN VARIASI SUDUT**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**NAUVALINO RUDINO**  
**NIM. 125060300111073**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 6 Juni 2018

**Ketua Jurusan Elektro**

**Dosen Pembimbing**

**Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D.**  
**NIP. 19730520200801 1 013**

**Rudy Yuwono, S.T., M.Sc.**  
**NIP. 19710615 199802 1 003**

**JUDUL SKRIPSI:**

**ANALISIS PERFORMANSI *WIRELESS* LAN IEEE 802.11n PADA FREKUENSI 2.4GHz TERHADAP INTERFERENSI *RECTENNA* DENGAN VARIASI SUDUT**

Nama Mahasiswa : Nauvalino Rudino  
NIM : 125060307111026  
Program Studi : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi

**KOMISI PEMBIMBING:**

Ketua : Rudy Yuwono, S.T., M.Sc. ....

**TIM DOSEN PENGUJI:**

Dosen Penguji 1 : Ir. Erfan Achmad Dahlan, M.T .....  


Dosen Penguji 2 : Gaguk Asmungi, S.T., M.T .....

Dosen Penguji 3 : Ir. Wahyu Adi P., M.S .....

Tanggal Ujian : 27 April 2018

SK Penguji : No. 873/UN10.F07/SK/2018

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

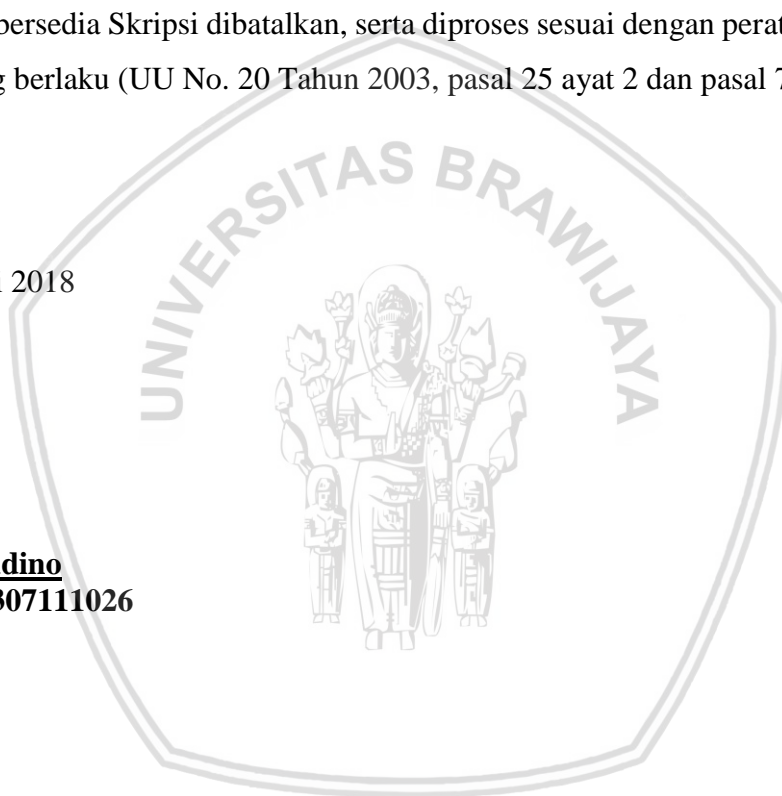
Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 6 Juni 2018  
**Mahasiswa,**

MATERAI  
6000

**Nauvalino Rudino**  
**NIM. 125060307111026**



## RINGKASAN

**NAUVALINO RUDINO**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2018, Analisis Interferensi *Wireless* LAN IEEE 802.11n Terhadap *Rectenna* Pada Frekuensi 2.4 GHz Dengan Variasi Jarak Dan Sudut. Dosen Pembimbing: Rudy Yuwono, S.T., M.Sc.

Penggunaan teknologi *wireless* dalam dunia telekomunikasi saat ini semakin berkembang. Dalam perkembangannya yang sering kita kenal adalah teknologi WLAN (*Wireless Local Area Network*). Semakin berkembangnya teknologi WLAN diikuti pula dengan munculnya perangkat-perangkat baru pendukung WLAN tersebut, seperti *rectenna* (*rectifier antenna*). *Rectenna* memiliki fungsi memanfaatkan gelombang elektronik untuk dikonversi ke energi listrik. Namun penggunaan dari *rectenna* ini ternyata menimbulkan interferensi terhadap perangkat WLAN.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa performansi teknologi IEEE 802.11n terhadap interferensi 4, 8, dan 16 buah *rectenna* yang meliputi parameter level daya terima, *throughput*, *delay* dan *kecepatan*. Hasil dari simulasi menunjukkan ketika interferensi dari 4 buah *rectenna*, daya yang diterima sebesar  $1.062 \times 10^{-9}$  Watt, *delay* 0.4171 detik, kecepatan *download* 10.17 Mbps dan *upload* 1.91 Mbps, serta *throughput* sebesar 74.43%. Pada interferensi dari 8 buah *rectenna* daya yang diterima sebesar  $3.224 \times 10^{-9}$  Watt, *delay* 0.8499 detik, kecepatan *download* 9.61 Mbps dan *upload* 1.96 Mbps, serta *throughput* sebesar 74.14%. Sedangkan pada interferensi dari 16 buah *rectenna* daya yang diterima sebesar  $3.049 \times 10^{-9}$  Watt, *delay* 2.0631 detik, kecepatan *download* 7.96 Mbps dan *upload* 2.13 Mbps, serta *throughput* sebesar 74.11%. Setelah mengetahui bagaimana interferensi yang terjadi, maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah *rectenna*, maka semakin besar pula daya yang diterima oleh *rectenna*. *Rectenna* terbukti mampu menjadi salah satu faktor penurunan performansi jaringan dari WLAN 802.11n, khususnya pada parameter *delay* dan *kecepatan*, namun tidak untuk parameter *throughput* karena hasil pengukuran menunjukkan hasil yang stabil.

Kata kunci: *level* daya terima, *delay*, *kecepatan*, *throughput*, WLAN 802.11n, *rectenna*

## SUMMARY

**NAUVALINO RUDINO**, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering Universitas Brawijaya, April 2018, Analysis of IEEE 802.11n Wireless LAN Interference Against Rectenna at 2.4 GHz Frequency With Variation of Distance And Angle. Academic Supervisor: Rudy Yuwono, S.T., M.Sc.

The use of wireless technology in the world of telecommunications is currently growing. In the development that we often know is the technology WLAN (Wireless Local Area Network). The growing development of WLAN technology is followed by the emergence of new devices such WLAN support, such as rectenna (rectifier antenna). Rectenna has the function of utilizing electronic waves to convert to electrical energy. However, the use of this rectenna turned out to cause interference to WLAN devices.

In this research we will analyze the performance of IEEE 802.11n technology to 4, 8, and 16 rectenna interference which includes parameter of receiving power, throughput, delay and speed. The result of the simulation shows when interference from 4 rectenna, the received power of  $1.062 \times 10^{-9}$  Watt, delay 0.4171 seconds, download speed 10.17 Mbps and 1.91 Mbps upload, and throughput of 74.43%. In interference from 8 pieces of power rectenna received for  $3.224 \times 10^{-9}$  Watt, delay 0.8499 seconds, download speed 9.61 Mbps and upload 1.96 Mbps, and throughput of 74.14%. While the interference of 16 pieces of power rectenna received for  $3.049 \times 10^{-9}$  Watt, delay 2.0631 seconds, download speed 7.96 Mbps and upload 2.13 Mbps, and throughput of 74.11%. After knowing how the interference occurred, it can be concluded that the more the number of rectenna, the greater the power received by the rectenna. Rectenna has proven to be one of the factors that decrease network performance of WLAN 802.11n, especially in delay and speed parameters, but not for throughput parameters because the results of the measurements show stable results.

**Keywords:** receive power level, delay, speed, throughput, WLAN 802.11n, rectenna.



## PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, barokah dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul “Analisis Interferensi *Wireless* LAN IEEE 802.11n Terhadap *Rectenna* Pada Frekuensi 2.4Ghz Dengan Variasi Jarak Dan Sudut” disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Rudino Suherman dan Ibu Nita Permanik. Selaku orang tua dari penulis atas segala dukungan, motivasi, doa, dan kesabaran dalam mendidik penulis.
2. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ir. Nurussa'adah, MT. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. M. Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Rusmi Ambarwati, S.T., M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Telekomunikasi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Rudy Yuwono, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 1 atas segala bimbingan, ide, nasehat, arahan, motivasi, serta saran yang telah diberikan.
7. Semua dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah memberikan pelajaran yang berharga selama penulis menuntut ilmu di Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Semua pegawai administrasi dan laboran Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah banyak membantu selama penulis berada di Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
9. Ghea Natasha yang telah mendukung, memotivasi, serta membantu penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
10. Seluruh teman-teman KBME Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala dukungan dan doanya.
11. Teman-teman Elektro B yang selalu menjadi tempat bermain dan menghibur penulis di saat jenuh dalam mengerjakan skripsi ini.
12. Faza Azmi, Hilmy Arsyad, dan Fathurakhman Thalib yang telah mendukung, memotivasi, serta membantu penulis dalam pengerjaan skripsi ini.

Pada Akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharap saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi bagi masyarakat.

Malang, 6 Juni 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>Wireless Local Area Network (WLAN)</i> .....	4
2.1.1 <i>Klasifikasi Wireless Local Area Network (WLAN)</i> .....	4
2.1.1.1 IEEE 802.11a.....	5
2.1.1.2 IEEE 802.11b.....	5
2.1.1.3 IEEE 802.11g.....	6
2.1.1.4 IEEE 802.11n.....	6
2.1.2 Prinsip Kerja WLAN .....	7
2.1.3 Topologi WLAN.....	8
2.1.3.1 <i>Mode Ad-Hoc</i> .....	8
2.1.3.2 <i>Mode Infrastructure</i> .....	9
2.2 <i>Rectena</i> .....	10
2.2.1 Rangkaian <i>Rectenna</i> .....	11
2.3 Interferensi .....	11
2.4 <i>Quality of Service (QoS)</i> .....	12
2.4.1 <i>Throughput</i> .....	12
2.4.2 <i>Delay</i> .....	14
2.4.2.1 <i>Delay End-to-End</i> pada <i>WLAN</i> .....	15
2.4.2.2 <i>Delay Proses</i> .....	15
2.4.2.3 <i>Delay Transmisi</i> .....	16
2.4.2.4 <i>Delay Propagasi</i> .....	16
2.4.2.5 <i>Delay Antrian</i> .....	17
2.4.3 <i>Level Daya Terima</i> .....	18
2.4.4 Kecepatan.....	18
2.5 Pengaruh Interferensi Berdasarkan Variasi Jarak dan Sudut .....	19
2.6 Perangkat Lunak <i>Wireshark</i> .....	19
2.7 Perangkat Lunak <i>Speed Test</i> .....	21
2.8 Perangkat Lunak <i>VLC Media Player</i> .....	21
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Umum.....	22
3.2 Pengambilan Data .....	23



3.2.1	Pengambilan Data Sekunder .....	23
3.2.2	Pengambilan Data Primer .....	23
3.3	Kerangka Solusi Masalah .....	28
3.3.1	<i>Throughput</i> .....	28
3.3.2	<i>Delay</i> .....	29
3.3.3	<i>Level</i> Daya Terima .....	30
3.3.4	Kecepatan .....	30
3.4	Pengambilan Kesimpulan dan Saran .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		32
4.1	Konfigurasi Perangkat .....	32
4.1.1	Penggunaan Perangkat Keras .....	32
4.1.2	Penggunaan Perangkat Lunak .....	33
4.1.3	Konfigurasi Simulasi Pengukuran Parameter <i>Level</i> Daya Terima <i>Rectenna</i> .....	33
4.1.4	Instalasi <i>Setting Laptop Server</i> .....	36
4.1.5	Instalasi <i>Setting Streaming Video</i> .....	37
4.1.6	<i>Setting</i> Proses <i>Capturing</i> Data Menggunakan <i>Wireshark</i> .....	40
4.2	Analisis Data .....	42
4.2.1	Analisis <i>Level</i> Daya Terima .....	42
4.2.1.1	Analisis Jarak Interferensi <i>Rectenna</i> .....	42
4.2.1.2	Analisis <i>Level</i> Daya Terima Oleh 4 <i>Rectenna</i> .....	43
4.2.1.3	Analisis <i>Level</i> Daya Terima Oleh 8 <i>Rectenna</i> .....	45
4.2.1.4	Analisis <i>Level</i> Daya Terima Oleh 16 <i>Rectenna</i> .....	46
4.2.2	Analisis <i>Delay</i> .....	49
4.2.2.1	Analisis <i>Delay</i> Terhadap Interferensi 4 <i>Rectenna</i> .....	49
4.2.2.2	Analisis <i>Delay</i> Terhadap Interferensi 8 <i>Rectenna</i> .....	50
4.2.2.3	Analisis <i>Delay</i> Terhadap Interferensi 16 <i>Rectenna</i> .....	51
4.2.3	Analisis Kecepatan .....	53
4.2.3.1	Analisis Kecepatan Terhadap Interferensi 4 <i>Rectenna</i> .....	53
4.2.3.2	Analisis Kecepatan Terhadap Interferensi 8 <i>Rectenna</i> .....	55
4.2.3.3	Analisis Kecepatan Terhadap Interferensi 16 <i>Rectenna</i> .....	56
4.2.4	Analisis <i>Throughput</i> .....	57
4.2.4.1	Analisis <i>Throughput</i> Terhadap Interferensi 4 <i>Rectenna</i> .....	58
4.2.4.2	Analisis <i>Throughput</i> Terhadap Interferensi 8 <i>Rectenna</i> .....	59
4.2.4.3	Analisis <i>Throughput</i> Terhadap Interferensi 16 <i>Rectenna</i> .....	60
<b>BAB V PENUTUP</b> .....		62
5.1	Kesimpulan .....	62
5.2	Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		65

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Spesifikasi 802.11	5
Tabel 2.2	Kategori <i>Throughput</i>	13
Tabel 2.3	Kategori <i>Delay</i>	14
Tabel 2.4	Kategori <i>Level</i> Daya Terima	18
Tabel 4.1	Spesifikasi Perangkat Keras	32
Tabel 4.2	Spesifikasi Perangkat Lunak	33
Tabel 4.3	Pengukuran Jarak Interferensi <i>Rectenna</i>	43
Tabel 4.4	Nilai <i>Level</i> Daya Terima Oleh 4 <i>Rectenna</i>	44
Tabel 4.5	Nilai <i>Level</i> Daya Terima Oleh 8 <i>Rectenna</i>	45
Tabel 4.6	Nilai <i>Level</i> Daya Terima Oleh 16 <i>Rectenna</i>	47
Tabel 4.7	Nilai <i>Delay</i> Terhadap Interferensi 4 <i>Rectenna</i>	49
Tabel 4.8	Nilai <i>Delay</i> Terhadap Interferensi 8 <i>Rectenna</i>	51
Tabel 4.9	Nilai <i>Delay</i> Terhadap Interferensi 16 <i>Rectenna</i>	52
Tabel 4.10	Nilai Kecepatan Terhadap Interferensi 4 <i>Rectenna</i>	54
Tabel 4.11	Nilai Kecepatan Terhadap Interferensi 8 <i>Rectenna</i>	55
Tabel 4.12	Nilai Kecepatan Terhadap Interferensi 16 <i>Rectenna</i>	56
Tabel 4.13	Nilai <i>Throughput</i> Terhadap Interferensi 4 <i>Rectenna</i>	58
Tabel 4.14	Nilai <i>Throughput</i> Terhadap Interferensi 8 <i>Rectenna</i>	59
Tabel 4.15	Nilai <i>Throughput</i> Terhadap Interferensi 16 <i>Rectenna</i>	60

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Prinsip Kerja WLAN	8
Gambar 2.2	Topologi <i>Mode Ad-Hoc</i>	9
Gambar 2.3	Topologi <i>Mode Infrastructure</i>	10
Gambar 2.4	<i>Rectenna</i> Buatan Nihon Dengyo Kosaku	11
Gambar 2.5	Blok Diagram <i>Rectenna</i> dengan RF Frekuensi	11
Gambar 2.6	Rangkaian <i>Rectenna</i>	12
Gambar 2.7	<i>Delay End-to-End</i> pada WLAN	15
Gambar 2.8	Contoh Tampilan <i>Wireshark</i> yang Sedang Meng-capture Paket	20
Gambar 2.8	Perangkat Lunak <i>Speed Test</i>	21
Gambar 2.9	Logo <i>VLC Media Player</i>	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian	22
Gambar 3.2	Diagram Alir Pengambilan Data Primer	24
Gambar 3.3	<i>Measurement Setup 1</i>	25
Gambar 3.4	<i>Measurement Setup 2</i>	25
Gambar 3.5	<i>Measurement Setup 3</i>	26
Gambar 3.6	<i>Measurement Setup 4</i>	27
Gambar 3.7	Diagram Alir Proses Pengambilan Data Menggunakan <i>Wireshark</i>	28
Gambar 3.8	Diagram Alir Proses Mendapatkan Nilai <i>Throughput</i>	29
Gambar 3.9	Diagram Alir Proses Mendapatkan Nilai <i>Delay</i>	29
Gambar 3.10	Diagram Alir Proses Mendapatkan Nilai <i>Level Daya Terima</i>	30
Gambar 3.11	Diagram Alir Proses Mendapatkan Nilai Kecepatan	31
Gambar 4.1	Konfigurasi Dengan 4 Buah <i>Rectenna</i>	34
Gambar 4.2	Konfigurasi Dengan 8 Buah <i>Rectenna</i>	34
Gambar 4.3	Konfigurasi Dengan 16 Buah <i>Rectenna</i>	35
Gambar 4.4	Konfigurasi Pengukuran Parameter QoS	35
Gambar 4.5	Tampilan <i>Log In Access Point</i>	36
Gambar 4.6	Tampilan <i>User Interface Access Point</i>	36
Gambar 4.7	Tampilan <i>VLC Media Player</i>	37
Gambar 4.8	<i>Window Streaming</i>	37
Gambar 4.9	<i>Window Setting Protocol</i>	38
Gambar 4.10	<i>Window Pilihan Transcode</i>	38
Gambar 4.11	<i>Window Setting Alamat IP</i>	39
Gambar 4.12	Tampilan <i>Video Pada User</i>	39
Gambar 4.13	Cara <i>Setting Durasi Capturing Wireshark</i>	40
Gambar 4.14	Cara <i>Save Data Capture Wireshark</i>	40
Gambar 4.15	Cara Melihat Hasil <i>Throughput Wireshark</i>	41
Gambar 4.16	Cara Melihat Hasil <i>Throughput Wireshark</i>	41
Gambar 4.17	Proses Pengambilan Data <i>Level Daya Terima Terhadap Interferensi Rectenna</i>	42
Gambar 4.18	Grafik Pengukuran Jarak <i>Rectenna Terhadap Tegangan</i>	43
Gambar 4.19	Grafik Nilai <i>Level Daya Terima Oleh 4 Rectenna</i>	44
Gambar 4.20	Grafik Nilai <i>Level Daya Terima Oleh 8 Rectenna</i>	46
Gambar 4.21	Grafik Nilai <i>Level Daya Terima Oleh 16 Rectenna</i>	48
Gambar 4.22	Proses <i>Capturing Delay Terhadap Rectenna</i>	49
Gambar 4.23	Grafik <i>Delay Terhadap Interferensi 4 Rectenna</i>	50
Gambar 4.24	Grafik <i>Delay Terhadap Interferensi 8 Rectenna</i>	51
Gambar 4.25	Grafik <i>Delay Terhadap Interferensi 16 Rectenna</i>	52

Gambar 4.26	Proses Pengukuran Kecepatan dengan Program <i>Speed Test</i>	53
Gambar 4.27	Grafik Kecepatan Terhadap Interferensi 4 <i>Rectenna</i>	54
Gambar 4.28	Grafik Kecepatan Terhadap Interferensi 8 <i>Rectenna</i>	55
Gambar 4.29	Grafik Kecepatan Terhadap Interferensi 16 <i>Rectenna</i>	56
Gambar 4.30	Proses Pengamatan Nilai <i>Throughput</i>	58
Gambar 4.31	Grafik Kecepatan Terhadap <i>Throughput</i> 4 <i>Rectenna</i>	59
Gambar 4.32	Grafik Kecepatan Terhadap <i>Throughput</i> 8 <i>Rectenna</i>	60
Gambar 4.33	Grafik Kecepatan Terhadap <i>Throughput</i> 16 <i>Rectenna</i>	61



## DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Daya	Watt (W)	P
Jarak	cm	d
Tegangan	mili volt (mV)	mV
Arus	mili Ampere (mA)	mA
<i>Throughput</i>	(paket/s)	$\gamma$
Waktu Transmisi	detik (s)	$t_v$
Waktu transmisi <i>frame</i>	detik (s)	$t_l$
Probabilitas <i>packet loss</i> total	-	$\rho_{tot}$
Konstanta perbandingan	-	$\alpha$
<i>Delay</i> propagasi total	detik (s)	$t_{p_{total}}$
<i>payload frame</i>	(byte)	$PL_{frame}$
<i>header frame</i>	(byte)	$H_{frame}$
Kapasitas saluran transmisi	bit per second (bps)	$C_{trans}$
<i>Delay end-to-end</i>	detik (s)	$t_{end\ to\ end}$
<i>Delay</i> proses	detik (s)	$t_{proses}$
<i>Delay</i> transmisi	detik (s)	$t_t$
<i>Delay</i> propagasi	detik (s)	$t_p$
<i>Delay</i> antrian	detik (s)	$t_w$
<i>Delay</i> enkapsulasi	detik (s)	$t_{enc}$
<i>Delay</i> dekapsulasi	detik (s)	$t_{dec}$
Panjang <i>frame</i>	(byte)	$W_{frame}$
Panjang paket data di <i>node</i>	(byte)	L
Kecepatan transmisi	bit per second (bps)	C
Waktu tunggu paket pada <i>node</i>	detik (s)	$t_{queue}$
Waktu rata-rata pelayanan <i>node</i>	detik (s)	$t_{serv}$
Kecepatan kedatangan paket	bit per second (bps)	$\lambda$
Kecepatan pelayanan	bit per second (bps)	$\mu$
Faktor utilitas	$(0 < \rho < 1)$	$\rho$

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan teknologi *wireless* dalam dunia telekomunikasi saat ini semakin berkembang. Dalam perkembangannya yang sering kita kenal adalah teknologi WLAN (*Wireless Local Area Network*).

WLAN adalah suatu jenis jaringan komputer yang menggunakan gelombang radio sebagai alat atau media transmisi data. Informasi atau data dikirim dari satu komputer ke komputer yang lainnya menggunakan gelombang radio. Salah satu contoh dari WLAN adalah standar teknologi IEEE 802.11n atau sering disebut Wi-Fi dapat mencapai kecepatan 72 Mbit/s. IEEE 802.11n adalah peningkatan dari standar sebelumnya yaitu 802.11b dan 802.11g. Pada standar sebelumnya 802.11n ditambahkan dukungan terhadap MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). IEEE 802.11n dapat berjalan pada frekuensi 2,4 GHz atau 5 GHz.

Semakin berkembangnya teknologi WLAN diikuti pula dengan munculnya perangkat-perangkat baru pendukung WLAN tersebut, seperti antena mikrostrip dan *rectenna* (*rectifier antenna*). Antena mikrostrip adalah suatu jenis antena wireless yang paling populer digunakan saat ini karena memiliki banyak keuntungan yaitu sangat mudah difabrikasi, selaras dengan permukaan *nonplanar*, sangat murah, dan fleksibel sehingga menghasilkan bermacam pola dan polarisasi yang beragam. Sedangkan *rectenna* merupakan suatu pengembangan dari antena mikrostrip, yang memiliki fungsi memanfaatkan gelombang elektronik untuk dikonversi ke energi listrik. Namun penggunaan dari *rectenna* ini ternyata menimbulkan interferensi terhadap perangkat WLAN. Jika terjadi interferensi, maka dapat dipastikan adanya penurunan *Quality of Service*.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan analisa performansi teknologi IEEE 802.11n terhadap interferensi *Rectenna*. Pengaruh interferensi *Rectenna* terhadap kinerja WLAN IEEE 802.11n ini lebih ditekankan pada pengukuran level daya terima, *throughput*, *delay* dan *kecepatan* yang dihasilkan tanpa dan adanya teknologi *Rectenna*.



## 1.2 Rumusan Masalah

Melihat dari masalah yang ada pada latar belakang, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan mengkonfigurasi posisi *rectenna* agar dapat menginterferensi jaringan WLAN IEEE 802.11n?
2. Bagaimana pengaruh interferensi *rectenna* terhadap performansi jaringan WLAN IEEE 802.11n yang meliputi level daya terima, *throughput*, *delay* dan *kecepatan*?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan penelitian, maka batasan yang dipakai dalam melakukan penelitian sebagai berikut :

1. Parameter performansi yang diamati adalah level daya terima *throughput*, *delay* dan *kecepatan*.
2. Pengujian dilakukan *indoor*.
3. Kondisi yang diterapkan yaitu kondisi *Direct Interference*
4. Rangkaian elektronik pada komponen sistem tidak akan dibahas.
5. Tidak membahas penurunan rumus.
6. Hanya menggunakan *Access Point* tipe IEEE 802.11n.

## 1.4 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis performansi jaringan jaringan WLAN IEEE 802.11n yang mengalami interferensi dari teknologi *Rectenna* yang meliputi level daya terima *throughput*, *delay* dan *kecepatan*.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dan gambaran untuk setiap bab dalam skripsi ini akan mengikuti sistematika sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, maksud dan tujuan pembahasan, dan sistematika penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang konsep dasar WLAN (*Wireless Local Area Network*), klasifikasi WLAN, prinsip kerja WLAN IEEE 802.11,

topologi WLAN IEEE 802.11, WPAN (*Wireless Personal Area Network*), Antena, *Rectifier Antenna*, interferensi, parameter QoS (*Quality of Service*) (level daya terima *throughput*, *delay* dan *kecepatan*.), perangkat lunak *Wireshark*, dan perangkat lunak *Wirelessmon*.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

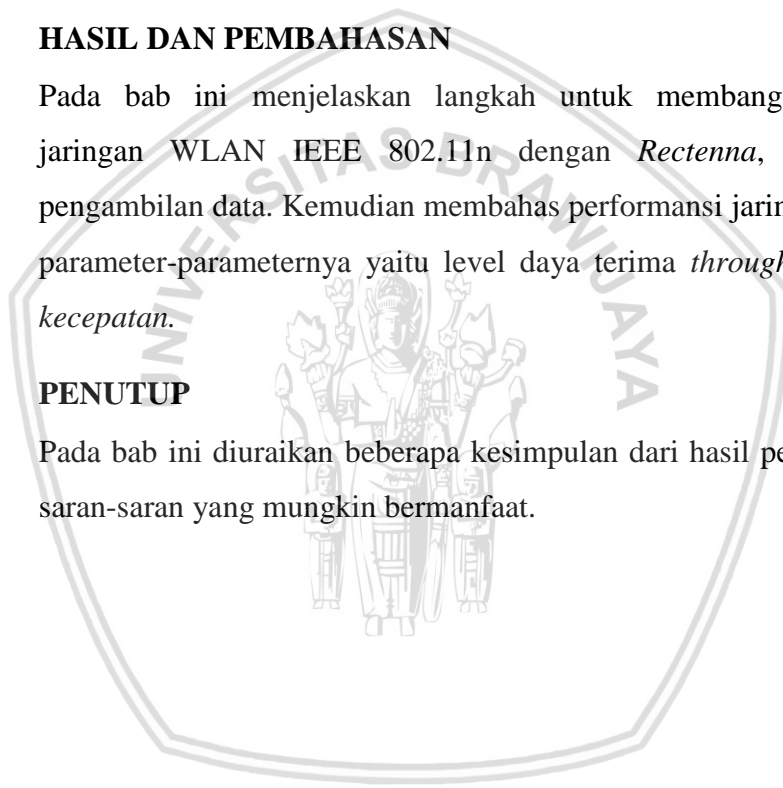
Pada bab ini bab ini menjelaskan metode-metode yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah. Metode yang digunakan adalah metode analisis level daya terima *throughput*, *delay* dan *kecepatan*.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini menjelaskan langkah untuk membangun konfigurasi jaringan WLAN IEEE 802.11n dengan *Rectenna*, uji coba dan pengambilan data. Kemudian membahas performansi jaringan dilihat dari parameter-parameternya yaitu level daya terima *throughput*, *delay* dan *kecepatan*.

### **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini diuraikan beberapa kesimpulan dari hasil pembahasan, dan saran-saran yang mungkin bermanfaat.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Wireless Local Area Network (WLAN)*

*Wireless Local Area Network* adalah suatu jaringan area lokal nirkabel yang menggunakan gelombang radio sebagai media transmisinya, *link* terakhir yang digunakan adalah nirkabel, untuk memberi sebuah koneksi jaringan ke seluruh pengguna dalam area sekitar. Area dapat berjarak dari ruangan tunggal ke seluruh jaringan luas. Jaringan biasanya menggunakan kabel, dengan satu atau lebih titik akses jaringan menyambungkan pengguna nirkabel ke jaringan berkabel. WLAN merupakan sistem komunikasi dengan udara sebagai media transmisinya. WLAN menggunakan teknologi frekuensi radio sebagai media penyimpanan data dan memiliki berbagai kemudahan bagi pengguna dalam penerapannya, antara lain:

1. Mobilitas yang tinggi: Pengguna dapat mengakses informasi dimanapun sepanjang masih dalam *coverage* jaringan WLAN.
2. Kemudahan dan kecepatan instalasi: Instalasi jaringan WLAN lebih cepat dibandingkan jaringan dengan menggunakan kabel karena perangkat yang digunakan tidak terlalu banyak dan mudah untuk dikonfigurasi.
3. Fleksibel dalam instalasi: Instalasi jaringan dapat dilakukan ditempat dimana jaringan LAN (*Local Area Network*) tidak dapat dipasang karena kendala kondisi geografis.
4. Skalabilitas: Jaringan WLAN dapat dikonfigurasi dengan beberapa bentuk topologi tergantung kebutuhan pengguna seperti bentuk mode *ad-hoc* dan mode *infrastructure*.

Berdasarkan kemudahan yang didapat dengan menggunakan teknologi WLAN, pengguna dapat pula mempertimbangkan kelemahan yang ada pada teknologi tersebut dalam implementasinya dimana terdapat pengaruh interferensi radio dan halangan akibat bangunan maupun pohon dan lain-lain. (Gede Sukadarmika, 2010).

##### 2.1.1 *Klasifikasi Wireless Local Area Network (WLAN)*

Wifi dirancang berdasarkan spesifikasi IEEE 802.11. Ada beberapa jenis spesifikasi dari 802.11 berdasarkan tingkat kecepatan yaitu 802.11a, 802.11b, 802.11g, dan 802.11n. Untuk spesifikasi lebih lanjut dapat di lihat pada Tabel 2.1:

**Tabel 2.1** Spesifikasi 802.11

Standar	Data Rate		Jarak Jangkauan		Frekuensi	Kompitabel
	<i>Typical</i>	<i>Maximum</i>	<i>Indoor</i>	<i>Outdoor</i>		
802.11b	4,5 Mbps	11 Mbps	± 38 meter	± 125 meter	2,4 GHz	802.11b
802.11g	19 Mbps	54 Mbps	± 38 meter	± 125 meter	2,4 GHz	802.11b/g
802.11n	74 Mbps	300 Mbps	± 70 meter	± 230 meter	2,4 GHz	802.11b/g/n

Sumber: Mulyana Sandi (2013)

#### 2.1.1.1 IEEE 802.11a

Disahkan juga oleh IEEE pada tanggal 16 September 1999, 802. 11a memakai OFDM. Dengan kecepatan maksimum data 54 Mbps, dengan *throughput* sampai setinggi 27 Mbps. 802.11a beroperasi di ISM *band* antara 5.745 dan 5.805 GHz, dan bagian dari UNI *band* diantara 5.150 dan 5.320 GHz. Ini membuatnya tidak cocok dengan 802.11b atau 802.11g, dan frekuensi yang lebih tinggi berarti jangkauannya lebih pendek dari pada 802.11b/g dengan daya pancar yang sama. Memang bagian dari spektrumnya relatif tidak dipakai dibandingkan dengan 2.4 GHz, sayangnya dia hanya legal digunakan di sedikit negara di dunia. Peralatan 802.11a sebetulnya relatif murah, tapi tidak sepopuler 802.11 b/g. (Mulyana Sandi, 2013).

#### 2.1.1.2 IEEE 802.11b

Disahkan oleh IEEE pada tanggal 16 September 1999, 802.11b mungkin adalah protokol jaringan nirkabel yang paling populer yang dipakai saat ini. Jutaan alat-alat untuk mendukungnya telah dikeluarkan sejak 1993. 802.11b memakai modulasi yang dikenal sebagai *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) bagian dari ISM *band* dari 2.400 sampai 2.495 GHz. Mempunyai kecepatan maksimum 11 Mbps, dengan kecepatan sebenarnya yang bisa dipakai sampai 5 Mbps.

Kelemahan dari 802.11b adalah anda dibatasi sampai tiga Channel *nonoverlapping* pada pita 2.4 GHz. Standar 802.11 menetapkan 14 Channel (hanya Channel 1 sampai 11 yang tersedia di Amerika Serikat) untuk mengonfigurasi *access point*. Walaupun demikian, masing-masing channel menempati kira-kira sepertiga dari keseluruhan pita 2.4GHz saat mengirim sebuah sinyal. Sebagian besar perusahaan hanya menggunakan channel 1, 6, dan 11 untuk memastikan *access point* tidak interferensi satu sama lain. Hal

tersebut membatasi kapasitas 802.11b sehingga menjadikannya paling sesuai untuk mendukung aplikasi performa medium, seperti e-mail. (Mulyana Sandi, 2013).

### 2.1.1.3 IEEE 802.11g

Digunakan mulai pertengahan 2003 dengan menggunakan frekuensi 2,4 GHz. Maksimum bandwidth yang bisa dicapai sebesar 54 Mbps. Modulasi yang digunakan adalah OFDM. Kanal yang tidak *overlapping* berjumlah tiga buah. Protokol ini kompatibel dengan tipe 802.11b. IEEE 802.11g adalah sebuah standar jaringan nirkabel yang bekerja pada frekuensi 2,45 GHz dan menggunakan metode modulasi OFDM. 802.11g yang dipublikasikan pada bulan Juni 2003 mampu mencapai kecepatan hingga 54 Mb's pada pita frekuensi 2,45 GHz, sama seperti halnya IEEE 802.11 biasa dan IEEE 802.11b. Standar ini menggunakan modulasi sinyal OFDM, sehingga lebih resistan terhadap interferensi dari gelombang lainnya.

Kelebihan dari 802.11g adalah bahwa standar tersebut merupakan kompatibel terbalik dari 802.11b. Perusahaan dengan keberadaan jaringan 802.11b biasanya dapat meng-*upgrade access point*-nya menjadi 802.11g melalui peng-*upgradean firmware* sederhana. Hal tersebut menyediakan jalur perpindahan yang efektif untuk LAN nirkabel. Permasalahan yang muncul adalah kehadiran perangkat klien 802.11b dalam lingkup 802.11g membutuhkan mekanisme proteksi yang membatasi performa keseluruhan LAN nirkabel. Dengan demikian, perangkat 802.11b tidak mengetahui kapan perangkat 802.11g dikirimkan karena perbedaan tipe modulasi. Oleh karena itu, kedua tipe perangkat tersebut harus memberitahukan penggunaan yang akan datang pada medium mereka dengan menggunakan tipe modulasi yang umumnya telah diketahui. Kelemahan 802.11g, seperti kemungkinan interferensi RF dan keterbatasan tiga *Channel non-overlapping*, masih berlaku pada 802.11g dikarenakan pengerjaan di pita 2.4 GHz. Sebagai hasilnya, jaringan 802.11g memiliki pembatas kapasitas sebanding dengan 802.11a. (Mulyana Sandi, 2013).

### 2.1.1.4 802.11n

IEEE 802.11n yang dipatenkan pada tahun 2009 adalah sebuah perubahan standar jaringan nirkabel 802.11-2.007 IEEE untuk meningkatkan *throughput* lebih dari standar sebelumnya, seperti 802.11b dan 802.11g, dengan peningkatan data rate maksimum dalam lapisan fisik OSI (PHY) dari 54 Mbps ke maksimum 300 Mbps dengan

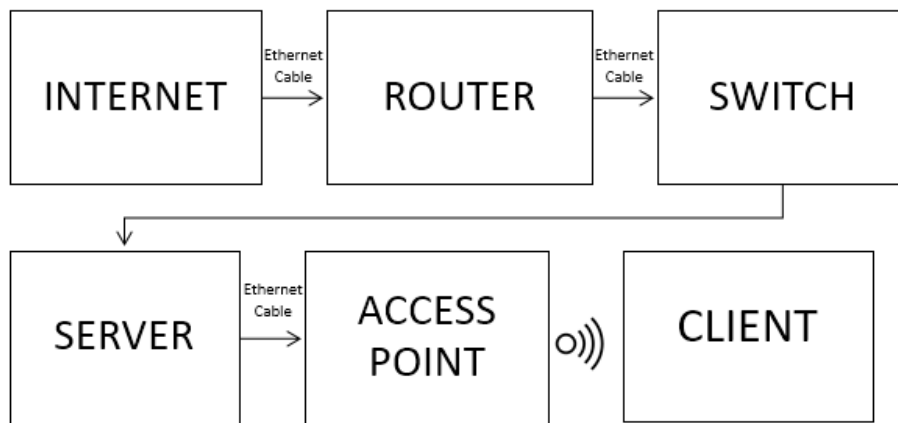


menggunakan empat ruang aliran di lebar *channel* 40 MHz. Sejak tahun 2007, Wi-Fi Alliance telah memberikan sertifikat interoperabilitas produk “*draft-n*” berdasarkan pada draft 2.0 dari spesifikasi IEEE 802.11n. Aliansi telah meningkatkan perangkat ini dengan tes kompatibilitas untuk beberapa perangkat tambahan yang diselesaikan setelah *Draft* 2.0. Lebih jauh lagi, telah ditegaskan bahwa semua produk bersertifikat *draft-n* tetap kompatibel dengan produk-produk standar terakhir. IEEE 802.11n didasarkan pada standar 802.11 sebelumnya dengan menambahkan *multiple-input multiple-output* (MIMO) dan 40 MHz ke lapisan saluran fisik (PHY), dan frame agregasi ke MAC layer. MIMO adalah teknologi yang menggunakan beberapa antena untuk menyelesaikan informasi lebih lanjut secara koheren daripada menggunakan satu antena. Dua manfaat penting MIMO adalah menyediakan keragaman antena dan spasial *multiplexing* untuk 802.11n. Di samping itu, teknologi MIMO memerlukan rantai frekuensi radio yang terpisah dan analog-ke-digital *converter* untuk masing-masing antena MIMO yang merubah biaya pelaksanaan menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan sistem non-MIMO. Saluran 40 MHz adalah fitur lain yang dimasukkan ke dalam 802.11n yang menggandakan lebar saluran dari 20 MHz di 802.11 PHY sebelumnya untuk mengirimkan data. Hal ini memungkinkan untuk penggandaan kecepatan data PHY melebihi satu saluran 20 MHz. Hal ini dapat diaktifkan di 5 GHz mode, atau dalam 2.4 GHz jika ada pengetahuan yang tidak akan mengganggu beberapa 802.11 lainnya atau sistem non-802.11 (seperti *bluetooth*) menggunakan frekuensi yang sama. Arsitektur *coupling* MIMO dengan saluran *bandwidth* yang lebih luas menawarkan peningkatan fisik *transfer rate* melebihi 802.11a (5 GHz) dan 802.11g (2.4 GHz). (Mulyana Sandi, 2013).

### 2.1.2 Prinsip Kerja WLAN

Jaringan *Wireless Local Area Networks* (WLAN) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11. Standar terbaru dari spesifikasi 802.11a atau b, seperti 802.11g, 802.11n saat ini sedang dalam penyusunan, spesifikasi terbaru tersebut menawarkan banyak peningkatan mulai dari luas cakupan yang lebih jauh hingga kecepatan transfernya. Awalnya wifi ditujukan untuk penggunaan perangkat nirkabel dan Jaringan Area Lokal (LAN), namun saat ini lebih banyak digunakan untuk mengakses internet. Hal ini memungkinkan seseorang dengan komputer dengan kartu nirkabel (*wireless card*) atau *personal digital assistant* (PDA) untuk terhubung dengan internet dengan menggunakan titik akses (atau dikenal dengan *hotspot*) terdekat seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1





**Gambar 2.1** Prinsip Kerja WLAN

*Wireless LAN* bekerja dengan menggunakan gelombang radio. Sinyal radio menjalar dari pengirim ke penerima melalui *free space*, pantulan-pantulan, difraksi, *line of sight* dan *obstructed* tiap sinyal (pada jalur yang berbeda-beda) memiliki *level* kekuatan, delay dan fasa yang berbeda-beda. Mirip dengan jaringan *Ethernet* kabel, sebuah *wireless LAN* mengirim data dalam bentuk paket. Setiap adapter memiliki no ID yang permanen dan unik yang berfungsi sebagai sebuah alamat dan tiap paket selain berisi data juga menyertakan alamat penerima dan pengirim paket tersebut. Sama dengan sebuah *adapter Ethernet*, sebuah kartu, *wireless LAN* akan memeriksa kondisi jaringan sebelum mengirim paket ke dalamnya. Bila jaringan dalam keadaan kosong, maka paket langsung dikirimkan. Bila kartu mendeteksi adanya data lain yang sedang menggunakan frekuensi radio, maka ia menunggu sesaat kemudian memeriksanya kembali.

Teknologi utama yang banyak digunakan untuk membuat jaringan nirkabel adalah keluarga protokol 802.11, dikenal juga sebagai Wi-Fi. Sementara protokol-protokol baru seperti 802.16 (dikenal juga sebagai WiMax) seperti ini bias menyelesaikan beberapa kesulitan yang tampak pada 802.11.

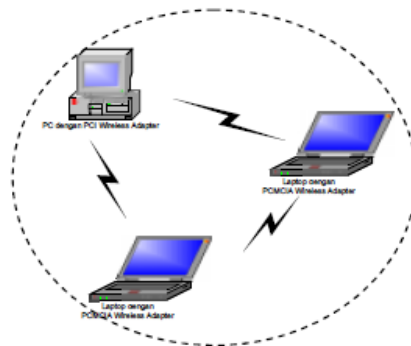
### 2.1.3 Topologi WLAN

*Wireless LAN* memungkinkan dua bentuk koneksi, yang dikenal sebagai *Ad-Hoc* dan mode *Infrastructure*.

#### 2.1.3.1 Mode Ad-Hoc

Mode *Ad-Hoc* adalah suatu kondisi jaringan *wireless* yang tidak menggunakan *access point*. Terlihat pada Gambar 2.2, antar *client* langsung terkoneksi satu dengan yang lainnya. Jika merasa asing dengan istilah Ad-Hoc, mungkin istilah Peer-to-peer

dapat lebih mempermudah mengenali koneksi Ad-Hoc. Prinsip kerjanya sama saja dengan *Peer-to-peer*. Disini setiap *client* akan saling terkoneksi secara langsung. (Tri Arianto, 2009).



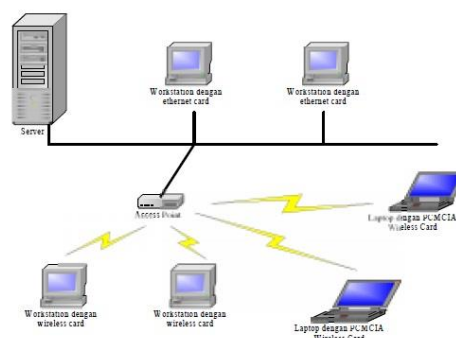
**Gambar 2.2** Topologi *Mode Ad-Hoc*

Sumber: Tri Arianto (2009)

### 2.1.3.2 *Mode Infrastructure*

Model infrastructure adalah kondisi suatu jaringan dengan menggunakan suatu titik pusat yaitu *access point*. Semua client terhubung ke jaringan harus terkoneksi ke *access point* terlebih dahulu, baru kemudian dapat mengakses resource dari network/client lain yang ada.

Untuk topologi infrastruktur, tiap PC mengirim dan menerima data dari sebuah titik akses, yang dipasang di dinding atau langit-langit berupa sebuah kotak kecil berantena. Saat titik akses menerima data, ia akan mengirimkan kembali sinyal radio tersebut (dengan jangkauan yang lebih jauh) ke PC yang berada di area cakupannya, atau dapat mentransfer data melalui jaringan Ethernet kabel, seperti pada Gambar 2.3. Titik akses pada sebuah jaringan infrastruktur memiliki area cakupan yang lebih besar. (Tri Arianto, 2009)



**Gambar 2.3** Topologi *Mode Infrastructure*

Sumber: Tri Arianto (2009)

## 2.2. Rectenna

*Rectenna* merupakan gabungan dari kata "*rectifying*" dan "*antenna*" yaitu sebuah teknologi yang memanfaatkan gelombang elektronik untuk dikonversi ke energi listrik. *Rectenna* yang saat ini dikembangkan memungkinkan kita bisa mendapatkan sumber listrik dari gelombang elektronik yang ada di sekitar, hal tersebut karena *rectenna* terdiri dari komponen pasif dan dioda yang dapat menerima dan memperbaiki daya gelombang mikro menjadi tegangan searah seperti pada Gambar 2.4. Sumber listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menjalankan alat elektronik yang punya daya listrik rendah seperti

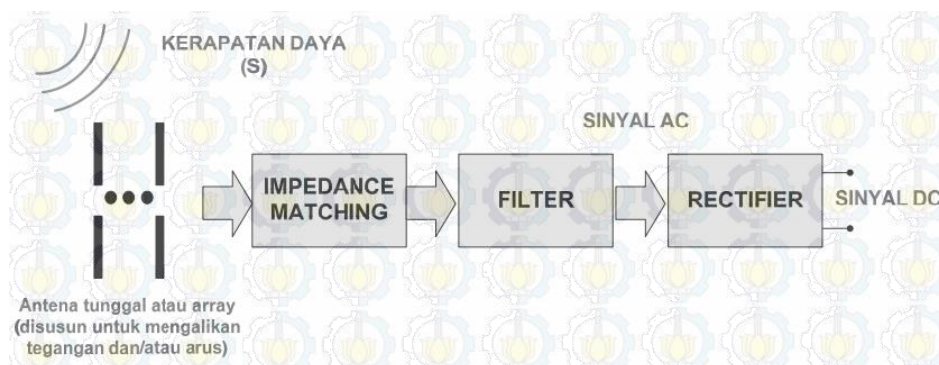


sebuah sensor (Escala, 2010).

**Gambar 2.4** Rectenna buatan Nihon Dengyo Kosaku

Sumber: [www.ohgizmo.com](http://www.ohgizmo.com)

Secara umum perancangan *rectenna* yang terdiri dari antena, rangkaian *impedance matching*, *filter* dan *rectifier*, seperti terlihat pada Gambar 2.5.



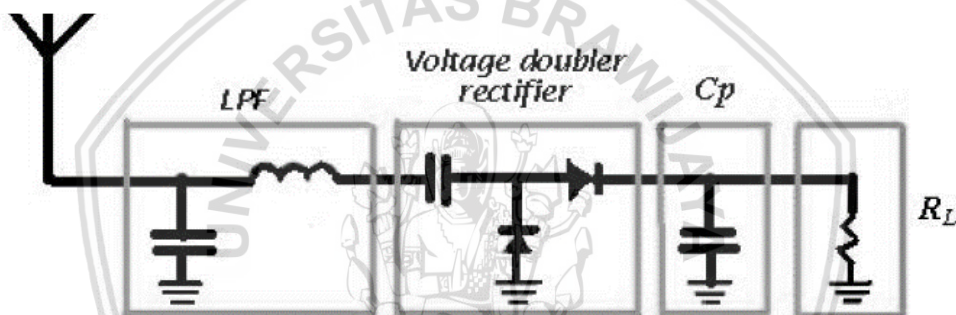
**Gambar 2.5** Blok Diagram *Rectenna* dengan RF frekuensi

Sumber: Posma (2012)

### 2.2.1. Rangkaian Rectenna

Terlihat pada Gambar 2.6 Rectifier adalah rangkaian yang mengubah daya RF ke daya DC. Dalam rangkaian, rectifier selain berperan sebagai pengubah tegangan AC ke DC, juga berfungsi sebagai pengali tegangan (doubler). Kapasitor yang ada pada bagian Voltage Doubler Rectifier berfungsi sebagai junction, yaitu menghubungkan rangkaian jika dilewati nilai AC dan memutus rangkaian jika dilewati nilai DC. Sedangkan kapasitor pada bagian beban berguna untuk mengurangi ripple tegangan keluaran dari rectifier, dan resistor  $R_L$  digunakan untuk *adjust* / memaksimalkan nilai tegangan keluaran DC.

Microstrip Antenna



Gambar 2.6 Rangkaian Rectenna

Sumber: Perancangan

### 2.3. Interferensi

Interferensi adalah sesuatu yang dapat mengganggu atau menghambat kinerja sesuatu (dalam hal ini transmisi *wireless*). Interferensi juga dapat diartikan sebagai kontaminasi oleh sinyal lain yang berasal dari pemancar lain. Berikut ini adalah macam-macam interferensi:

1. *Direct Interference*, merupakan interferensi yang disebabkan oleh perangkat-perangkat 802.11 lain yang beroperasi pada frekuensi atau kanal yang sama dalam satu area.
2. *Indirect Interference*, merupakan interferensi yang disebabkan oleh perangkat-perangkat selain 802.11 tetapi bekerja pada spektrum frekuensi yang sama.

3. *Path Interference*, dibagi dalam 4 kategori; *Reflection*, *Refraction*, *Diffraction*, dan *Scattering*. Frekuensi radio (terutama pada range 5 Ghz) memiliki kecenderungan yang kuat untuk dipantulkan oleh benda-benda logam, cermin, dan benda keras lainnya.
4. *Line of Sight Interference*, merupakan interferensi yang disebabkan oleh penyerapan sinyal oleh benda-benda yang dilaluinya.

## 2.4. Quality of Service (QoS)

*Quality of Service* (QoS) merupakan mekanisme jaringan yang memungkinkan aplikasi-aplikasi atau layanan dapat beroperasi sesuai dengan yang diharapkan.

Kinerja jaringan komputer dapat bervariasi akibat beberapa masalah, seperti halnya masalah *level* daya terima, *throughput*, *delay* dan kecepatan, yang dapat membuat efek yang cukup besar bagi banyak aplikasi. Sebagai contoh, komunikasi suara (seperti VoIP atau IP Telephony) serta *video streaming* dapat membuat pengguna frustrasi ketika paket data aplikasi tersebut dialirkan diatas jaringan dengan *bandwidth* yang tidak cukup, dengan *latency* yang tidak dapat diprediksi, atau kecepatan yang sangat kecil.

Menurut ITU-T E. 800, QoS adalah: “Sekumpulan efek performansi yang menentukan derajat kepuasan pengguna terhadap *service* yang diperlukan oleh jaringan”. Sedangkan dari sudut pandang jaringan telekomunikasi QoS adalah: “Kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik data tertentu pada berbagai jenis *platform* teknologi”. (Onno W. Purbo, 2001).

Pada penelitian ini dimana parameter yang digunakan dalam mengukur kinerja jaringan WLAN 802.11n adalah *level* daya terima, *throughput*, *delay*, dan kecepatan

### 2.4.1 Throughput

*Throughput* adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui banyaknya jumlah data yang diterima dalam keadaan baik yang ditransmisikan dari sumber data ke penerima. Dengan metode pengamatan hasil pengukuran sistem yang dibuat, pengukuran *throughput* dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari *capture traffic* jaringan yaitu jumlah paket dan waktu pengiriman. Hasil rata-rata mewakili kinerja jaringan WLAN 802.11n yang akan dianalisis. Perhitungan *throughput* menggunakan persamaan :

$$\text{Throughput} = \sum \frac{\text{Paket Diterima}}{\text{Interval Waktu}} \times 100\% \quad (2-1)$$



Keterangan :

$\Sigma$  Paket Diterima = Jumlah pengiriman paket IP sukses (bit)

Interval Waktu = Selisih waktu antara paket pertama sampai terakhir (detik)

**Tabel 2.2** Kategori *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i> (%)
Sangat Bagus	100
Bagus	75
Sedang	50
Jelek	< 25

Sumber: Wahyu Patrya (2011)

Secara teoritis, *throughput* yang mungkin didapat dengan memperhatikan probabilitas paket diterima dalam keadaan salah ( $\rho$ ) dapat dihitung dengan persamaan (2.61) (Mischa Schwartz, 1987).

$$\gamma = \frac{1}{t_v} = \frac{(1-\rho_{tot})}{t_1[1+(\alpha-1)\rho_{tot}]} \quad (2-2)$$

Keterangan:

$\gamma$  = *throughput* (paket/s)

$t_v$  = waktu rata-rata transmisi untuk mengirimkan paket yang benar (s)

$t_1$  = waktu transmisi sebuah paket data atau *frame* (s)

$\rho_{tot}$  = probabilitas *packet loss* total

$\alpha$  = konstanta perbandingan

Parameter  $\alpha$  dihitung dengan menggunakan persamaan (Mischa Schwartz, 1987),

$$\alpha = 3 + \frac{2t_p}{t_1} \quad (2-3)$$

Waktu total yang dibutuhkan untuk melewati sebuah paket dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut,

$$t_p = \frac{t_{ptot}}{N_{paket}} \quad (2-4)$$

Waktu transmisi *frame* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut, (Mischa Schwartz, 1987).

$$t_1 = \frac{(PL_{frame} + H_{frame}) \times 8}{C_{trans}} \quad (2-5)$$

Keterangan:

$\alpha$  = konstanta perbandingan



$t_p$	= waktu total yang dibutuhkan untuk melewati sebuah paket (s)
$t_{\text{Total}}$	= <i>delay</i> propagasi total (s)
$t_1$	= waktu transmisi sebuah <i>frame</i> (s)
$N_{\text{paket}}$	= jumlah paket yang ditransmisikan dari sumber sampai ke tujuan
$PL_{\text{frame}}$	= <i>payload frame</i> (byte)
$H_{\text{frame}}$	= <i>header frame</i> (byte)
$C_{\text{trans}}$	= kapasitas saluran transmisi (bps)

#### 2.4.2 Delay

*Delay* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan paket data dari sumber sampai ke tujuan. Pengukuran *delay* dilakukan berdasarkan waktu mulai pengiriman sampai paket diterima. Dengan metode pengamatan hasil pengukuran sistem yang dibuat berdasarkan data yang digunakan berasal dari *capture traffic*, caranya dengan mengurangi waktu penerimaan paket pertama dengan waktu pengiriman paket pertama kemudian waktu penerimaan paket kedua dikurangi waktu pengiriman paket kedua dan seterusnya. Perhitungan rata-rata *delay* menggunakan persamaan :

$$\text{Rata - rata delay} = \frac{\text{total delay (detik)}}{\text{total paket yang diterima}} \quad (2-6)$$

Keterangan :

*Total delay* = total selang waktu antara paket pertama sampai terakhir yang diterima (detik)

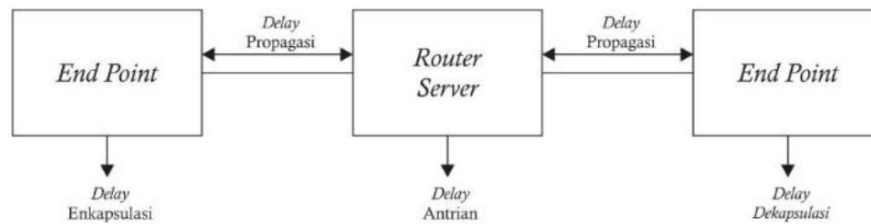
*Total paket* = total paket yang diterima

**Tabel 2.3** Kategori *Delay*

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i> (ms)
Sangat Bagus	< 150
Bagus	150 s/d 300
Sedang	300 s/d 450
Jelek	>450

Sumber: Wahyu Patrya (2011)

### 2.4.2.1 Delay End-to-End pada WLAN



**Gambar 2.7** Delay End-to-End pada WLAN

Sumber: Perancangan

Delay end-to-end ditentukan berdasarkan arsitektur sistem dan merupakan penjumlahan semua delay yang ada dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan (*server* hingga *user equipment*) seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.7. Secara teoritis, perhitungan *delay end-to-end* dapat dilakukan dengan persamaan:

$$t_{\text{end to end}} = t_{\text{proses}} + t_t + t_p + t_w \quad (2-7)$$

Keterangan:

$t_{\text{end to end}}$	= <i>delay end-to-end</i> (s)
$t_{\text{proses}}$	= <i>delay proses</i> , yakni <i>delay enkapsulasi</i> dan <i>dekapsulasi</i> (s)
$t_t$	= <i>delay transmisi</i> (s)
$t_p$	= <i>delay propagasi</i> (s)
$t_w$	= <i>delay antrian</i> (s)

### 2.4.2.2 Delay Proses

*Delay proses* adalah *delay* yang terjadi saat paket dienkapsulasi dan didekapsulasi pada suatu node. Enkapsulasi adalah proses pemaketan data dengan menambahkan sebuah *header* pada paket data tersebut, sehingga paket data dapat dikirimkan tepat ke tujuan. *Delay enkapsulasi* adalah rentang waktu yang diperlukan suatu node untuk melakukan proses enkapsulasi. Sedangkan *delay dekapsulasi* adalah rentang waktu yang diperlukan untuk proses dekapsulasi atau membaca keseluruhan *header* dari sebuah paket yang diterima suatu node.

Besarnya *delay dekapsulasi* dan *delay enkapsulasi* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan di bawah ini [Onno W. Purbo, et al., 2001: 24]:

$$t_{\text{enc}} = \frac{W_{\text{frame}} - L}{C} \times 8 \quad (2-8)$$

$$t_{\text{dec}} = \frac{W_{\text{frame}} - L}{C} \times 8 \quad (2-9)$$

Keterangan:

$t_{enc}$	= <i>delay</i> enkapsulasi (s)
$t_{dec}$	= <i>delay</i> dekapsulasi (s)
$W_{frame}$	= panjang <i>frame</i> (byte)
$L$	= panjang paket data di <i>node</i> (byte)
$C$	= kecepatan pemrosesan data (bps)

#### 2.4.2.3 Delay Transmisi

Delay transmisi adalah waktu yang diperlukan sebuah paket data untuk melalui media transmisi dari satu node ke node yang lain. Pada delay ini akan dipengaruhi oleh panjang paket data yang dikirim dan kecepatan jenis media transmisi yang digunakan. Pada skripsi ini data yang akan dikirim terdiri dari paket audio dan video. *Delay* transmisi terjadi ketika paket data akan diletakkan pada media transmisi dan akan berjalan menuju titik lainnya.

Berdasarkan Mischa Swartz, delay transmisi dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Mischa Schwartz, 1987: 132),

$$t_T = \frac{W}{C} \quad (2-10)$$

Keterangan:

$t_T$	= delay transmisi (s)
$W$	= panjang <i>frame</i> pada suatu <i>node</i> (byte)
$C$	= kecepatan transmisi (bps)

#### 2.4.2.4 Delay Propagasi

Menurut Forouzan dalam bukunya *Data Communications and Networking* tahun 2000, *delay* propagasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh paket data untuk merambat dari node S-GW menuju UE. Persamaannya ditentukan sebagai berikut,

$$t_p = \frac{d_{max}}{v} \quad (2-11)$$

Keterangan:

$t_p$	= <i>delay</i> propagasi (s)
$d_{max}$	= jarak atau radius sel (m)
$v$	= cepat rambat gelombang elektromagnetik ( $3 \times 10^8$ m/s)

### 2.4.2.5 Delay Antrian

*Delay* antrian adalah waktu di mana paket data berada dalam antrian untuk ditransmisikan. *Delay* antrian dapat dihitung dengan menggunakan model antrian M/M/1. *Delay* antrian adalah waktu sebuah paket data menunggu sampai paket lain ditransmisikan. M pertama menunjukkan kedatangan *Poisson*, M kedua berarti distribusi waktu pelayanan eksponensial, dan 1 menunjukkan bahwa jumlah node yang melayani adalah tunggal.

Besarnya *delay* antrian tersebut ditentukan oleh persamaan sebagai berikut, (Mischa Schwartz, 1987)

$$t_w = t_{\text{queue}} + t_{\text{serv}} \quad (2-12)$$

sedangkan,

$$t_{\text{queue}} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (2-13)$$

dan,

$$t_{\text{serv}} = \frac{1}{\mu} \quad (2-14)$$

dan,

$$\mu = \frac{C}{L} \quad (2-15)$$

dan,

$$\lambda = \rho \cdot \mu \quad (2-16)$$

Keterangan:

$t_w$  = *delay* antrian (s)

$t_{\text{queue}}$  = waktu tunggu paket pada *node* (s)

$t_{\text{serv}}$  = waktu rata-rata pelayanan *node* (s)

$\lambda$  = kecepatan kedatangan paket pada *node* (bps)

$\mu$  = kecepatan pelayanan *node* (bps)

$C$  = kecepatan transmisi (bps)

$L$  = panjang paket data di *node* (bit)

$\rho$  = faktor utilitas ( $0 < \rho < 1$ )

Faktor utilitas bernilai lebih besar dari 0 dan lebih kecil dari 1 dengan kenaikan sebesar 0,1. Hal ini dikarenakan jika  $\rho > 1$  berarti rata-rata kedatangan melampaui rata-rata pelayanan, sehingga panjang antrian bertambah tanpa batas.

### 2.4.3 Level Daya Terima

Karakteristik yang paling berpengaruh untuk menentukan *performance* sebuah sistem komunikasi adalah nilai *level* daya terima, karena nilai inilah yang dapat digunakan sebagai acuan dari sebuah pemancar. *Level* daya terima adalah besarnya daya yang diterima oleh sebuah perangkat komunikasi yang dapat menerima gelombang radio. *Level* daya terima merupakan batas daya minimum dari sebuah pemancar yang masih dapat diterima baik oleh *user*, seperti pada tabel 2.5 yang merupakan parameter kualitas dari *level* daya terima berdasarkan Standar *Ubiquiti Network*.

**Tabel 2.4** Kategori *Level* Daya Terima

Nilai Daya Terima Antena (dBm)	Kategori
$\leq -81$	Buruk
-80 s/d -74	Cukup
-73 s/d -66	Baik
$\geq -65$	Sangat Baik

Sumber: Wahyu Patrya (2011)

### 2.4.4 Kecepatan

Parameter kecepatan dari sebuah *access point* meliputi *Ping*, *Download*, dan *Upload*. *Ping* (*Packet Internet Gopher*) adalah sebuah program utilitas yang dapat digunakan untuk memeriksa Induktivitas jaringan berbasis teknologi *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP). Dengan menggunakan utilitas ini, dapat diuji apakah sebuah komputer terhubung dengan komputer lainnya. Hal ini dilakukan dengan mengirim sebuah paket kepada alamat IP yang hendak diujicoba konektivitasnya dan menunggu respon darinya.

Kecepatan *download* adalah seberapa cepat *user* bisa menarik data dari server. Sebagian besar koneksi dirancang untuk diunduh lebih cepat daripada yang diunggah, karena sebagian besar aktivitas *online*, seperti memuat laman web atau *video streaming*, terdiri dari *download*. Kecepatan *download* diukur dalam *megabits per second* (Mbps). Sedangkan kecepatan *upload* adalah seberapa cepat *user* mengirim data (file, audio, foto, dsb.) kepada *server* atau *user* lainnya. Kecepatan *upload* diukur dalam *megabits per second* (Mbps)

## 2.5 Pengaruh Interferensi Berdasarkan Variasi Jarak dan Sudut

WLAN 802.11n memiliki sifat pemancar *omnidirectional* sehingga memancarkan sinyal ke segala arah hingga  $360^\circ$  sehingga sangat mudah untuk terinterferensi oleh benda benda lainnya. Khususnya pada skripsi ini dimana interferensi yang ditimbulkan adalah dengan menggunakan metode *direct interference*, dimana penginterferensi merupakan *rectifier antenna (rectenna)* yang beroperasi pada frekuensi yang sama. Sesuai dengan sifat *omnidirectional*, maka apabila *rectenna* tersebut diletakkan mengelilingi WLAN 802.11n dengan jumlah *rectenna* yang lebih dari satu buah dan posisi penempatan *rectenna* yang meliputi jarak dan sudut, sangat berpotensi untuk menimbulkan interferensi terhadap WLAN 802.11n.

Interferensi yang terjadi bisa menurunkan kinerja system WLAN 802.11n dalam memancarkan dan menerima sinyal. Sistem akan sedikit kehilangan *coding gain*, akibatnya terjadi *error* pada bit-bit informasi yang sedang dikirim sehingga menyebabkan *delay* atau penundaan pengiriman. Interferensi yang terjadi juga memungkinkan adanya perubahan *level* daya terima, *throughput*, juga kecepatan dari *access point* pada WLAN 802.11n.

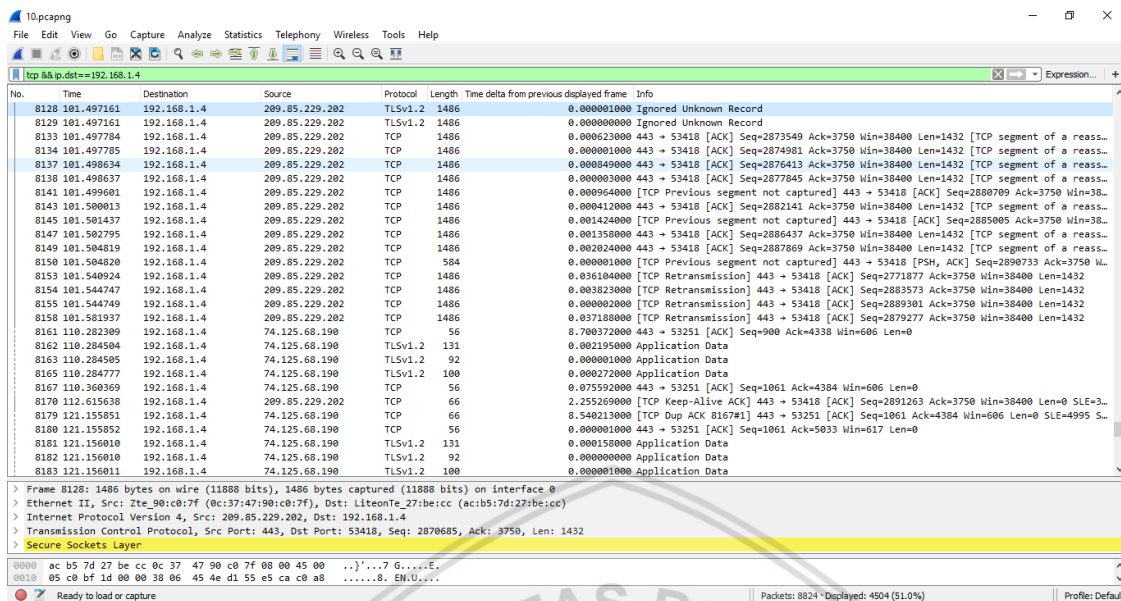
## 2.6 Perangkat Lunak Wireshark

*Wireshark* adalah perangkat lunak *open source* dan bersifat gratis yang banyak digunakan orang-orang di dunia untuk menghitung, menganalisis paket data yang melewati suatu perangkat, umumnya komputer atau laptop. *Wireshark* akan menganalisa paket data melalui *interface* dari perangkat internet seperti *wireless adapter* maupun LAN *adapter*.

Aplikasi ini mampu menganalisa parameter-parameter performansi jaringan seperti *delay*, *packet loss* dan *throughput*. *Wireshark* bekerja pada *Application layer*. *Wireshark* mempunyai banyak fitur dan kelebihan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi *Wireshark* bersifat *open source* untuk menganalisis paket jaringan.
2. Mampu menangkap paket data secara langsung dari sebuah *network interface*.
3. Mampu menampilkan informasi secara detail mengenai hasil *capture* pada sebuah jaringan.
4. Mampu menampilkan hasil statistika dari hasil *capture* pada sebuah jaringan.
5. Tersedia untuk Linux dan Windows.





**Gambar 2.8** Contoh Tampilan Wireshark yang Sedang Meng-capture Paket

Sumber: Perancangan

Berikut adalah fungsi-fungsi dari tampilan menu Wireshark seperti pada Gambar 2.9

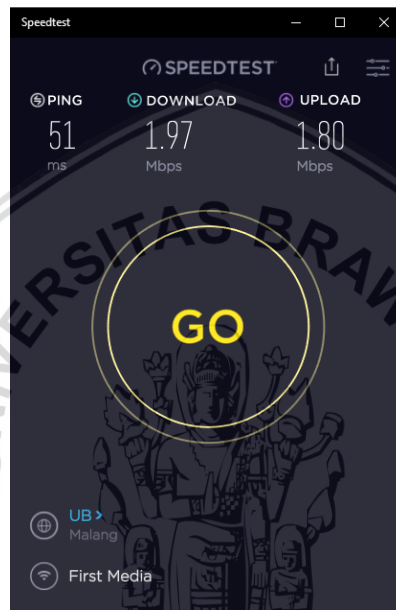
1. Menu: Menu-menu yang tersedia di Wireshark
2. Display Filter: Sebuah kolom yang dapat diisi dengan sintaks-sintaks untuk membatasi paket-paket apa saja yang akan ditampilkan pada list paket.
3. Daftar Paket: Menampilkan paket-paket yang berhasil ditangkap oleh Aplikasi Wireshark, berurutan dari paket pertama yang ditangkap, dan seterusnya.
4. Detail Paket: Menampilkan detail paket yang terpilih pada daftar paket.
5. Detail Heksa: Menampilkan detail paket yang terpilih yang ditampilkan dalam bentuk heksa.

Pada daftar bagian daftar Paket, terdapat kolom-kolom seperti berikut ini:

1. Time: Menampilkan waktu saat paket-paket tersebut ditangkap.
2. Source: Menampilkan alamat IP sumber dari paket data tersebut.
3. Destination: Menampilkan alamat IP tujuan dari paket data tersebut.
4. Protocol: Menampilkan protokol yang digunakan pada sebuah paket data.
5. Info: Menampilkan informasi secara detail tentang paket data tersebut.

## 2.7 Perangkat Lunak *Speed Test*

*Speed Test* adalah perangkat lunak yang menyediakan analisis gratis metrik kinerja akses internet, seperti laju data sambungan dan latensi. Didirikan oleh *Ookla* pada tahun 2006, dan berbasis di Seattle, Washington. Setiap tes mengukur laju data untuk arah pengunduhan, yaitu dari server ke komputer pengguna, dan laju data unggahan, yaitu dari komputer pengguna ke server. Untuk lebih meningkatkan akurasi, *Speed Test* sekarang melakukan tes melalui soket TCP langsung dan menggunakan protokol khusus untuk komunikasi antara server dan klien.

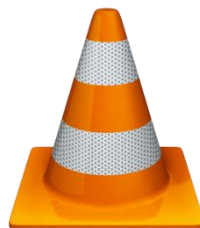


**Gambar 2.9** Perangkat Lunak *Speed Test*

Sumber: Perancangan

## 2.8 Perangkat Lunak VLC Media Player

*VLC Media Player* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memutar file berbentuk musik maupun *video*. VLC dapat menampilkan berbagai jenis *codec video* yang ada seperti halnya, .MPEG, .MP4, .mkv dan lain-lain. VLC juga dapat digunakan untuk memutar *video streaming* yang ada di *server* dengan memasukkan alamat *url* pada menu pilhan *url* jaringan.



**Gambar 2.10** Logo VLC Media Player

Sumber: [www.videolan.org/vlc](http://www.videolan.org/vlc)

## BAB III

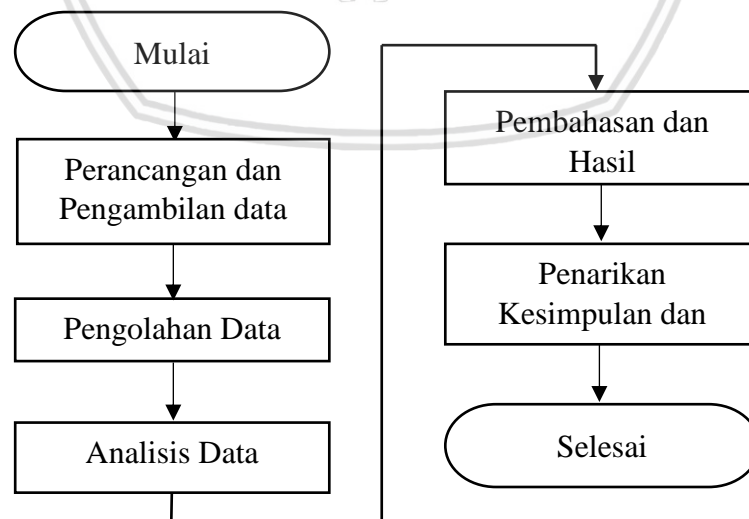
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Jenis penelitian ini bersifat komparatif. Penelitian komparatif bersifat membandingkan. Model sistem ini membandingkan antara jaringan WLAN 802.11n yang terinterferensi 1-16 buah *rectenna*. Dalam penelitian ini akan dilakukan sebanyak empat konfigurasi pengukuran.

Konfigurasi pertama ialah penentuan jarak *rectenna* dengan meletakkan satu buah *rectenna* pada jarak 10-100 cm dengan variasi penambahan jarak 10cm tiap perhitungannya, yang bertujuan untuk mencari pada rentang berapa tegangan terbesar didapatkan. Konfigurasi kedua ialah dengan meletakkan empat buah *rectenna* mengelilingi perangkat WLAN dengan jarak yang telah ditentukan dari pengukuran pertama, dan dengan variasi sudut kemiringan  $90^\circ$  tiap *rectenna*. Konfigurasi ketiga merupakan kelanjutan dari konfigurasi kedua, yaitu dengan meletakkan 8 buah *rectenna* dengan variasi sudut  $45^\circ$  tiap *rectenna*. Konfigurasi keempat dilakukan dengan 16 buah *rectenna* dengan variasi sudut  $22.5^\circ$  tiap *rectenna*.

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan meliputi: jenis dan cara perolehan data, variabel dan cara analisis data, pembahasan dan hasil yang didapatkan serta penarikan kesimpulan dan saran yang disajikan dalam bentuk Gambar 3.1 Diagram Alir.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Metodologi Penelitian

Sumber: Perancangan

### 3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan data sekunder dan data primer. Data sekunder didapatkan dari kegiatan studi literatur, buku, jurnal ilmiah dan forum resmi yang membahas tentang WLAN 802.11n dan *rectenna*. Sedangkan data primer digunakan untuk mendapatkan hasil dari pengukuran terhadap sistem kerja.

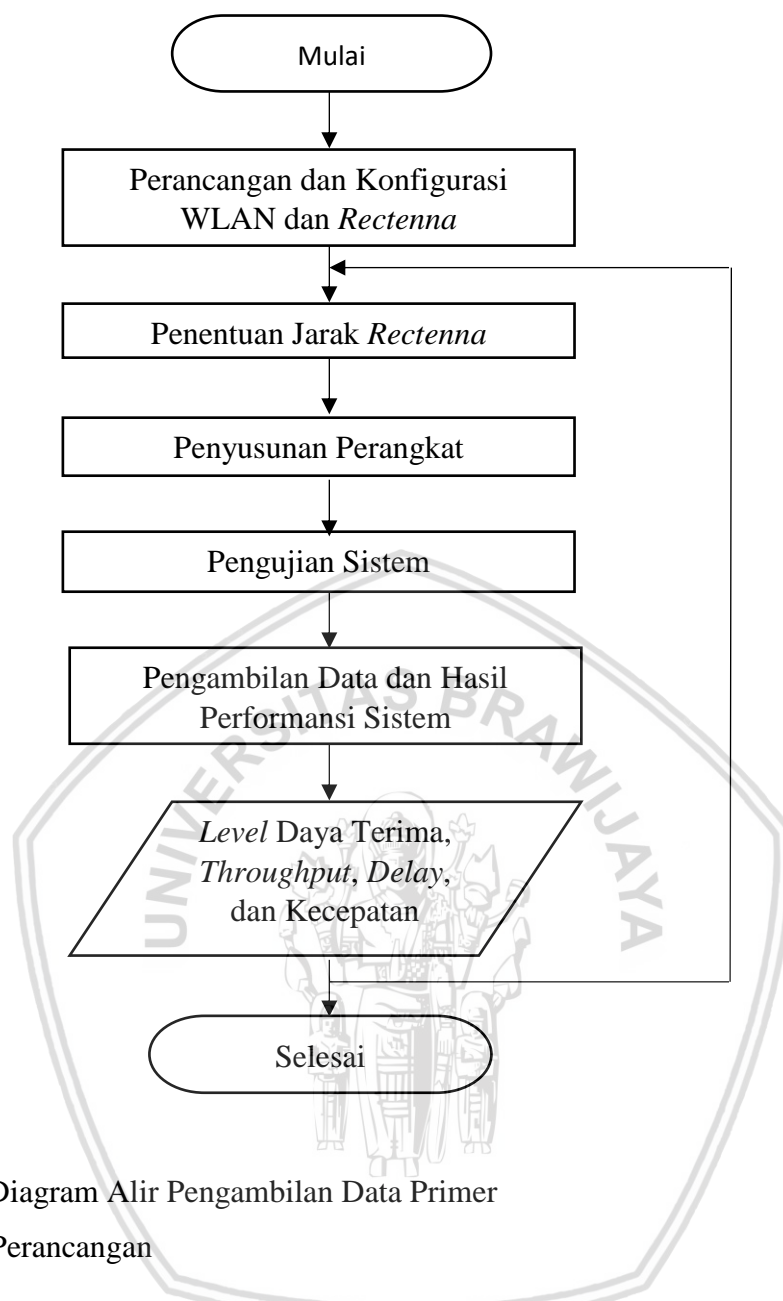
#### 3.2.1 Pengambilan Data Sekunder

Pengambilan data sekunder dilakukan dengan cara melakukan studi literatur dengan referensi jurnal ilmiah, buku dan forum-forum resmi. Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan konfigurasi alat. Langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data sekunder adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari konsep dasar dan konfigurasi jaringan *Wireless Local Area Network* (WLAN).
2. Mempelajari spesifikasi *Wireless Local Area Network* (WLAN) IEEE 802.11.
3. Mempelajari konsep prinsip kerja *rectenna*.
4. Mempelajari konsep jaringan WLAN 802.11n.

#### 3.2.2 Pengambilan Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil pengamatan kerja sistem yang dibuat. Kinerja sistem yang diukur melalui beberapa parameter QoS yang didapatkan dari hasil analisis menggunakan perangkat *Field Strenght Meter* dan perangkat lunak *Wireshark*. Adapun langkah dalam pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.11.



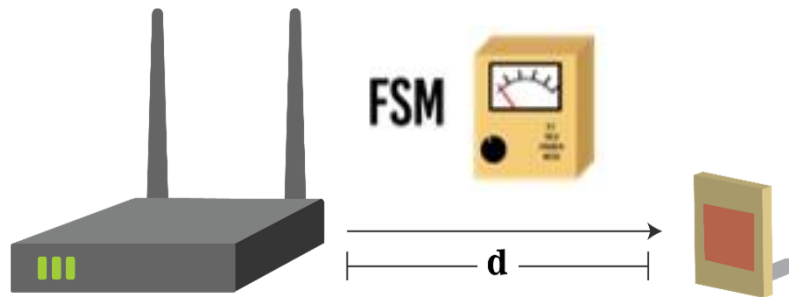
**Gambar 3.2** Diagram Alir Pengambilan Data Primer

Sumber: Perancangan

Perancangan konfigurasi perangkat berdasarkan bentuk jaringan akan menampilkan komponen-komponen perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini. Penyusunan perangkat adalah membuat konfigurasi jaringan WLAN yang diinginkan dengan penentuan jarak *rectenna* agar saling menginterferensi antara *access point* dengan *rectenna*. Pengukuran dilakukan di dalam ruangan. *Access point* yang digunakan saat penelitian diletakkan pada bidang datar. Skenario yang digunakan pada pengukuran ini ada empat yaitu :

1. Pengukuran pertama, saat ada Interferensi dari satu buah *rectenna* disekitar WLAN 802.11n, untuk jarak antara *rectenna* dan WLAN 802.11n yang bervariasi mulai dari 10-100 cm dengan perubahan tiap perhitungan +10 cm, *rectenna* akan dinyalakan

sebagai penginterferensi. Setelah melakukan 10 kali pengukuran jarak, akan dipilih satu jarak yang paling ideal untuk dilanjutkan ke pengukuran selanjutnya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut.



**Gambar 3.3** *Measurement Setup 1*

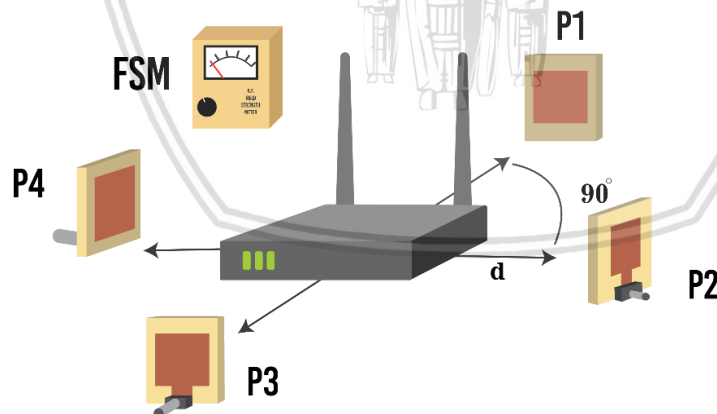
Sumber: Perancangan

Keterangan:

d = Jarak (10-100 cm)

FSM = *Field Strength Meter*

2. Pengukuran kedua, yaitu dengan meletakkan empat buah *rectenna* mengelilingi perangkat WLAN dengan jarak ideal yang telah ditentukan, dan dengan variasi sudut kemiringan  $90^\circ$  tiap *rectenna* seperti pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** *Measurement Setup 2*

Sumber: Perancangan

Keterangan:

P1 = Posisi 1

P2 = Posisi 2

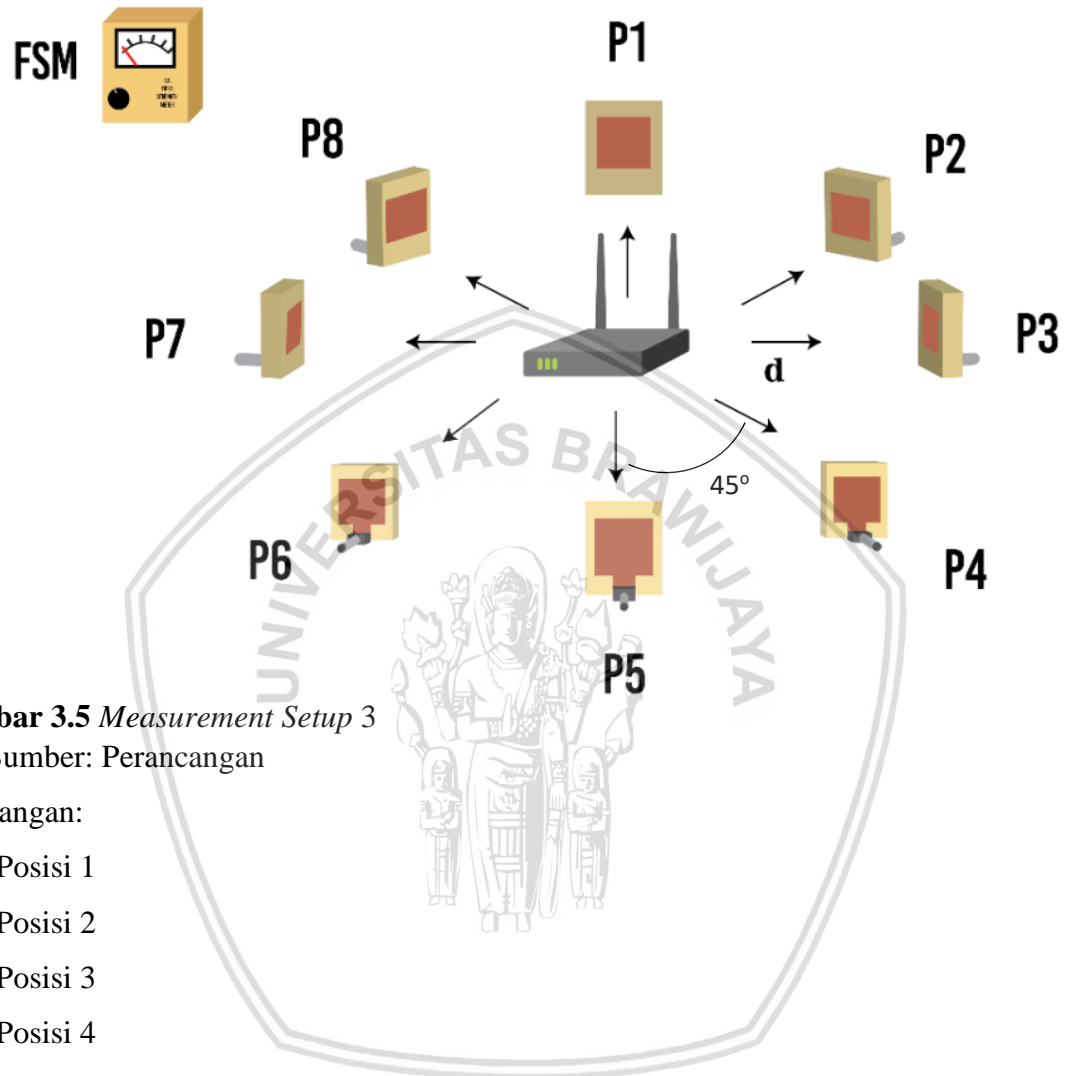
P3 = Posisi 3

P4 = Posisi 4

FSM = *Field Strength Meter*



3. Konfigurasi ketiga merupakan kelanjutan dari konfigurasi kedua, yaitu dengan meletakkan 8 buah *rectenna* dengan variasi sudut  $45^\circ$  tiap *rectenna* yang diilustrasikan pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5** *Measurement Setup 3*

Sumber: Perancangan

Keterangan:

P1 = Posisi 1

P2 = Posisi 2

P3 = Posisi 3

P4 = Posisi 4

P5 = Posisi 5

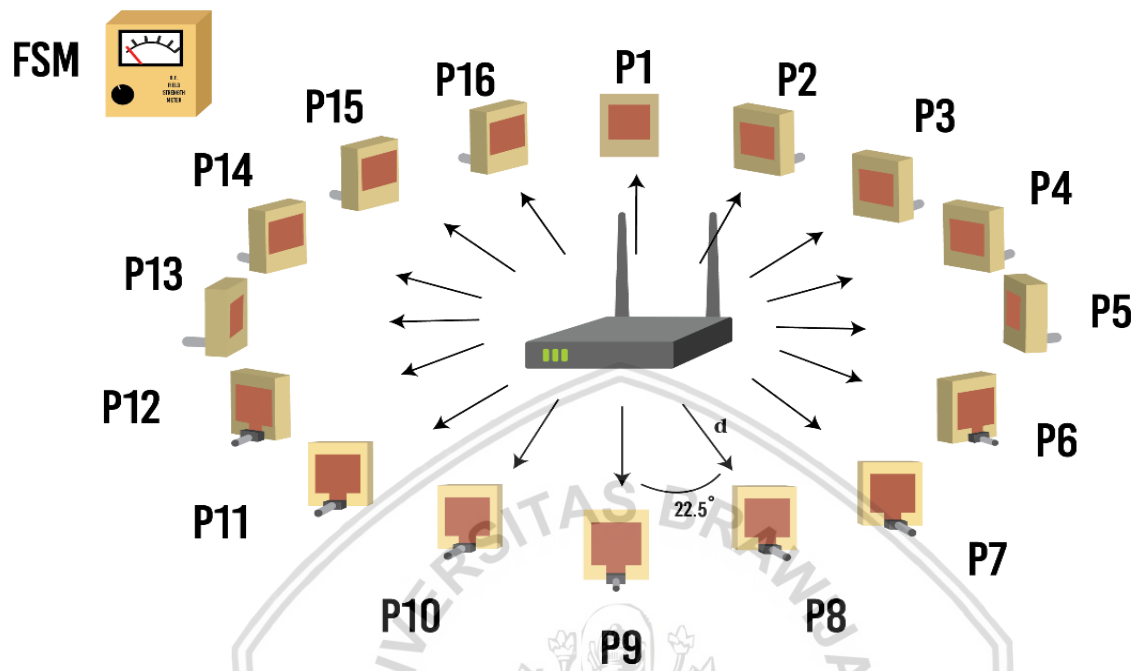
P6 = Posisi 6

P7 = Posisi 7

P8 = Posisi 8

FSM = *Field Strength Meter*

4. Konfigurasi keempat dilakukan dengan 16 buah *rectenna* dengan variasi sudut  $22.5^\circ$  tiap *rectenna*. Diilustrasikan pada Gambar 3.6.



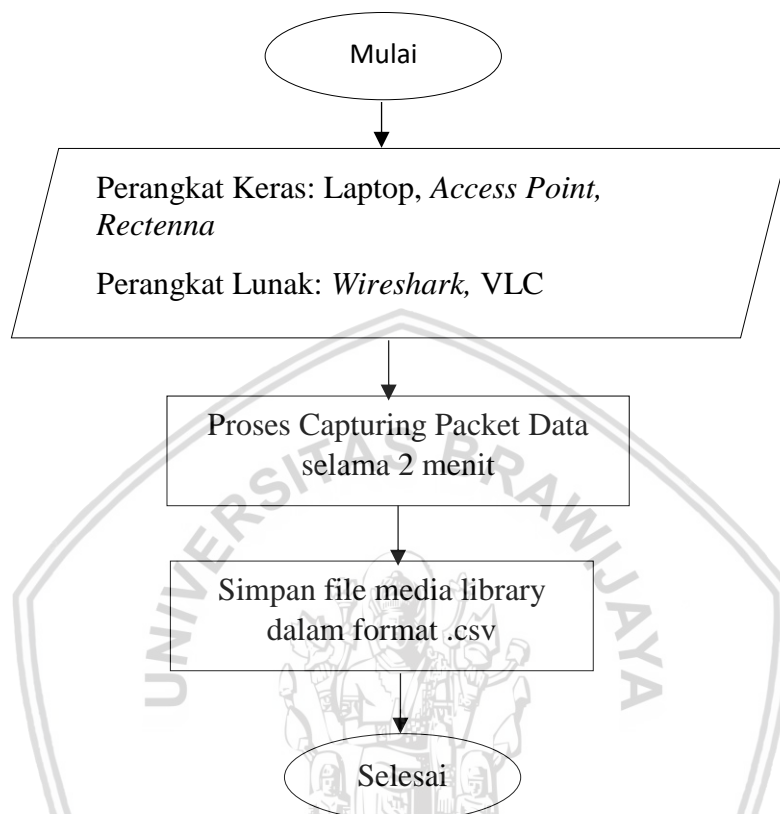
**Gambar 3.6** *Measurement Setup 4*  
Sumber: Perancangan

Keterangan:

P1 = Posisi 1	P9 = Posisi 9
P2 = Posisi 2	P10 = Posisi 10
P3 = Posisi 3	P11 = Posisi 11
P4 = Posisi 4	P12 = Posisi 12
P5 = Posisi 5	P13 = Posisi 13
P6 = Posisi 6	P14 = Posisi 14
P7 = Posisi 7	P15 = Posisi 15
P8 = Posisi 8	P16 = Posisi 16

FSM = *Field Strength Meter*

Berikut adalah diagram alir proses pengambilan data seluruh konfigurasi dari perangkat lunak *Wireshark* :



**Gambar 3.7** Diagram Alir Proses Pengambilan Data Menggunakan *Wireshark*

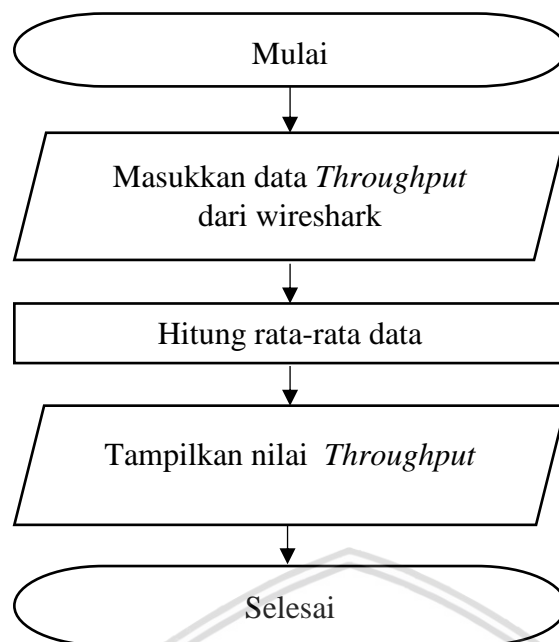
Sumber: Perancangan

### 3.3 Kerangka Solusi Masalah

Kerangka solusi masalah dilakukan untuk menyelesaikan masalah dalam bentuk diagram alir. Berikut adalah proses-proses yang akan dilakukan untuk mendapatkan performansi jaringan yang diinginkan yaitu *level* daya terima, *throughput*, *delay*, dan kecepatan.

#### 3.3.1 *Throughput*

*Throughput* merupakan parameter yang menunjukkan jumlah data yang diterima oleh pengguna dengan benar setelah melalui media transmisi. Berikut adalah Gambar 3.9 yang menunjukkan proses pengambilan data *throughput*:

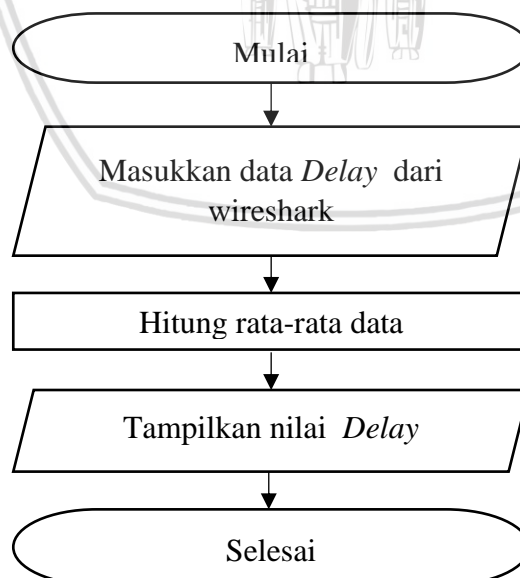


**Gambar 3.8** Diagram Alir Proses Mendapatkan Nilai *Throughput*.

Sumber: Perancangan

### 3.3.2 Delay

*Delay* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket dari sumber menuju ke tujuan (ujung ke ujung). *Delay* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket dari sumber ke tujuan. Berikut adalah Gambar 3.10 menunjukkan proses pengambilan data *delay*:

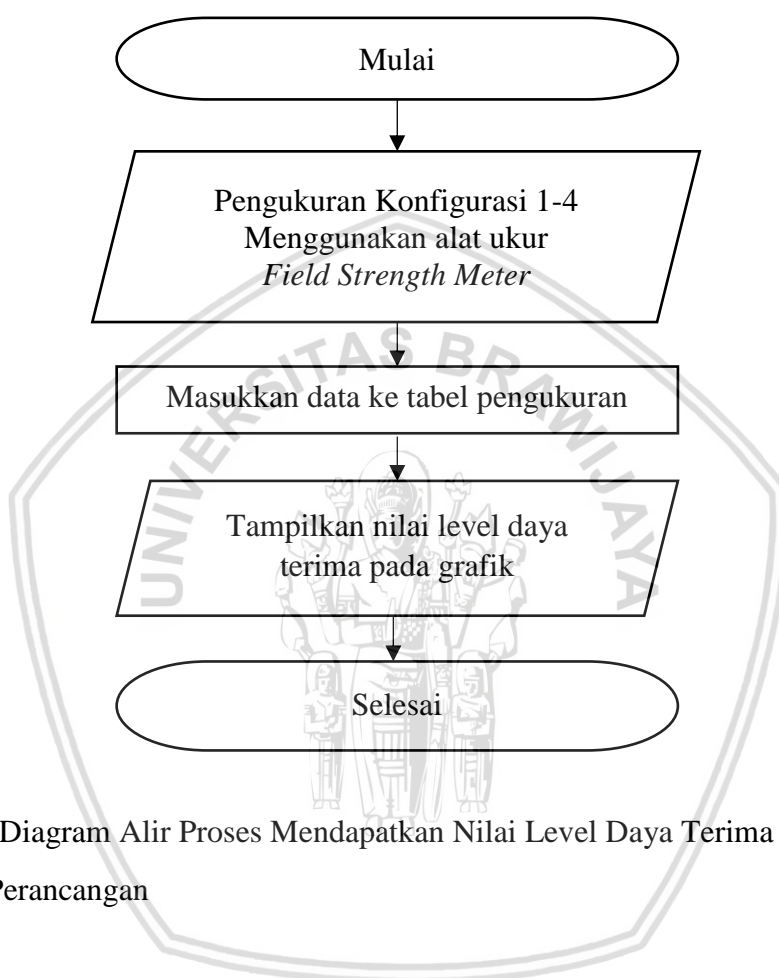


**Gambar 3.9** Diagram Alir Proses Mendapatkan Nilai *Delay*

Sumber: Perancangan

### 3.3.3 Level Daya Terima

. Level daya terima adalah besarnya daya yang diterima atau dipancarkan oleh *transmitter* atau *receiver*. Level daya terima merupakan batas daya minimum dari sebuah pemancar yang masih dapat diterima baik oleh *user*. Berikut adalah Gambar 3.11 yang menunjukkan proses pengambilan data level daya terima:

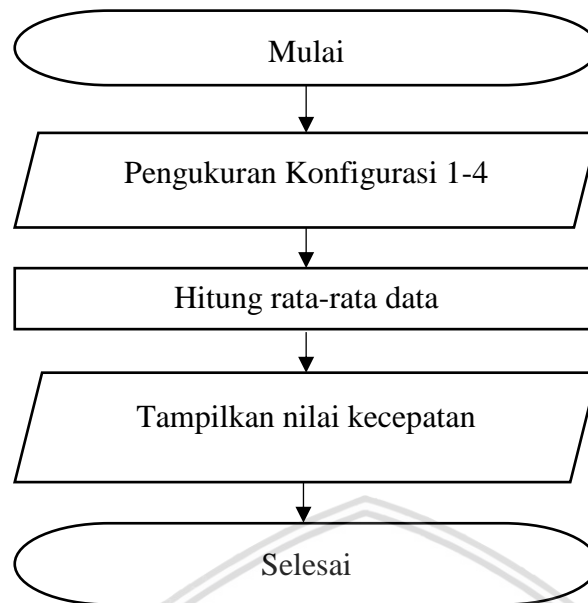


**Gambar 3.10** Diagram Alir Proses Mendapatkan Nilai Level Daya Terima

Sumber: Perancangan

### 3.3.4 Kecepatan

Dalam pengujian kecepatan dari sebuah *access point* parameter yang dihitung meliputi *Ping*, *Download*, dan *Upload*. Berikut adalah Gambar 3.12 yang menunjukkan proses pengambilan data kecepatan:



**Gambar 3.11** Diagram Alir Proses Mendapatkan Nilai Kecepatan

Sumber: Perancangan

### 3.4 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan dari teori, hasil pengukuran, dan analisis data, serta dilakukan pemberian saran yang dimaksud kepada pembaca yang akan melakukan studi tentang penelitian ini, ataupun sebagai pendukung dari penelitiannya.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan analisis hasil dan pembahasan dari penelitian dari interferensi *Rectenna* terhadap IEEE 802.11n. Tahapan yang dilakukan pada pembahasan dan analisis yang dilakukan, yaitu:

1. Perancangan, instalasi dan pengujian sistem.
2. Perhitungan secara teoritis dan pengukuran data performansi jaringan WLAN 802.11n yang terinterferensi terhadap *rectenna* yang meliputi level daya terima, *throughput*, *delay*, dan kecepatan.

#### 4.1 Konfigurasi Perangkat

Konfigurasi perangkat dilakukan untuk mengetahui WLAN 802.11n dan *rectenna* saling interferensi yang dapat diketahui dari *Field Strength Meter*. Instalasi pada sistem meliputi instalasi perangkat lunak *WireShark*.

##### 4.1.1 Penggunaan Perangkat Keras

Pada pembuatan skripsi ini, dibutuhkan beberapa *hardware* yang digunakan untuk menunjang eksperimen yang akan dilakukan. Berikut adalah spesifikasi dan fungsi dari beberapa *hardware* tersebut, yaitu:

**Tabel 4.1** Spesifikasi Perangkat Keras

No	Perangkat	Jumlah	Spesifikasi	Fungsi
1	TP-Link TL-WA801ND	1 unit	Standards IEEE 802.11n	Sebagai <i>Access Point</i>
2.	Laptop Asus A555L	1 unit	Intel Core i3 @1.90 GHz, HDD 500GB, RAM 4 GB, VGA 2GB	Sebagai <i>device server</i>
3.	Laptop Lenovo 310S	1 unit	Intel Core i5 @2.0 GHz, HDD 500GB, RAM 4 GB, VGA 2GB	Sebagai <i>device user</i>
4.	<i>Rectifier Antenna</i>	16 unit	<i>Handmade</i> mahasiswa teknik elektro UB	Sebagai <i>energy harvester</i>
5.	<i>Field Strength Meter</i>	1 unit	Protek 3290	Sebagai alat pengukur
6.	Multimeter	1 unit	Protek 506	Sebagai alat pengukur tegangan dan arus

#### 4.1.2 Penggunaan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini digunakan beberapa perangkat lunak yang dapat memaksimalkan eksperimen yang dilakukan. Berikut adalah spesifikasi dan penggunaan dari beberapa *hardware* tersebut, yaitu:

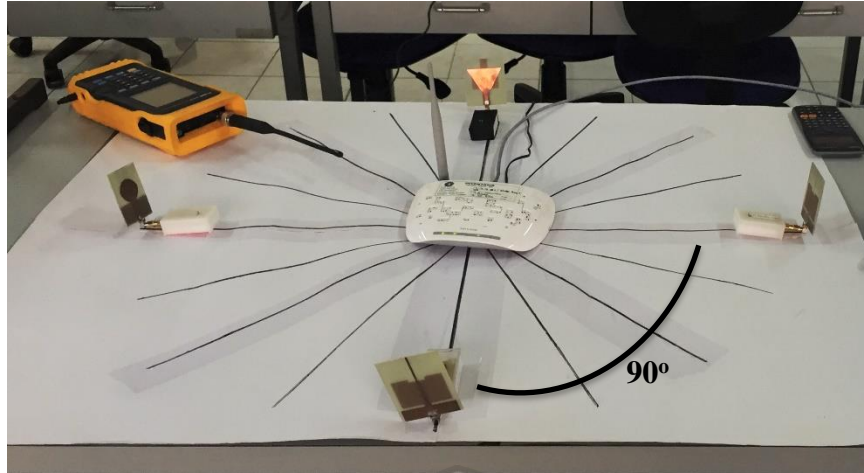
**Tabel 4.2** Spesifikasi Perangkat Lunak

NO	Perangkat Lunak	Version	Penggunaan
1.	Sitem Operasi	Windows 10	Sistem operasi yang digunakan pada laptop server
2.	WireShark	Win64 2.2.3	Perangkat lunak untuk meng-capture data
3.	Speed Test	V1.6.99.0	Perangkat lunak untuk menghitung kecepatan
4.	VLC Media Player	2.2.4 Weatherwax	Perangkat lunak untuk <i>streaming</i> video

#### 4.1.3 Konfigurasi Simulasi Pengukuran Parameter *Level Daya Terima Rectenna*

Konfigurasi simulasi pengukuran parameter *level* daya terima *rectenna* yang digunakan pada skripsi ini bertujuan untuk dapat melakukan proses pengambilan data. Pengambilan data dilakukan *indoor* di LAB Gelombang Mikro. Skenario yang digunakan pada pengukuran ini ada empat yaitu :

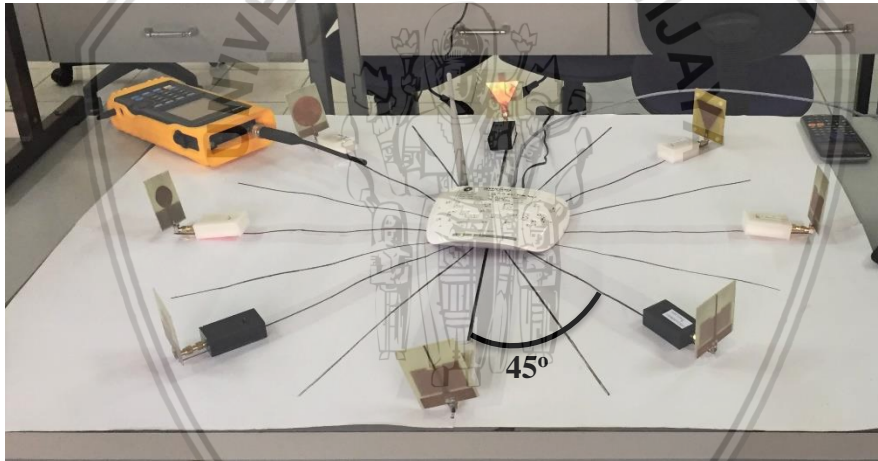
1. Pengukuran pertama, saat ada Interferensi dari satu buah *rectenna* disekitar WLAN 802.11n, untuk jarak antara *rectenna* dan WLAN 802.11n yang bervariasi mulai dari 10-100 cm dengan perubahan tiap perhitungan +10 cm, *rectenna* akan diletakkan sebagai penginterferensi. Setelah melakukan 10 kali pengukuran jarak, akan dipilih satu jarak yang paling ideal untuk dilanjutkan ke pengukuran selanjutnya
2. Pengukuran kedua, yaitu dengan meletakkan empat buah *rectenna* mengelilingi perangkat WLAN dengan jarak ideal yang telah ditentukan, dan dengan variasi sudut kemiringan 90° tiap *rectenna*



**Gambar 4.1** Konfigurasi Dengan 4 Buah *Rectenna*

Sumber: Pengukuran

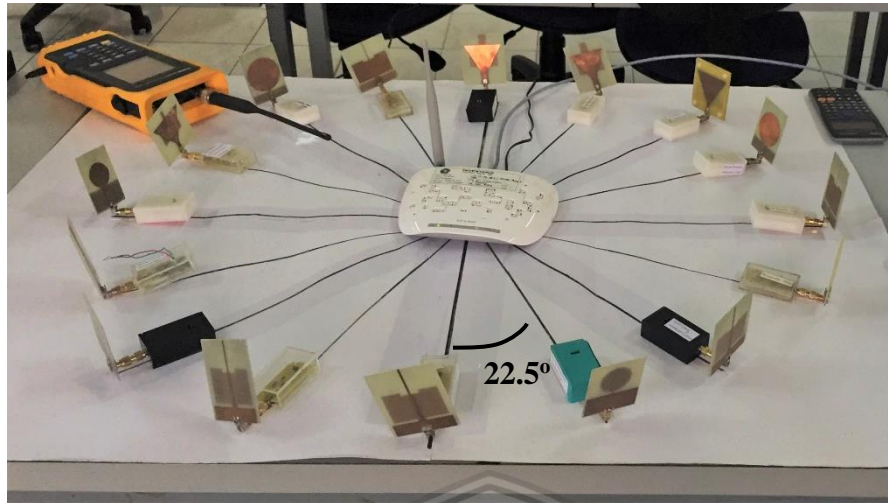
3. Pengukuran ketiga merupakan kelanjutan dari konfigurasi kedua, yaitu dengan meletakkan 8 buah *rectenna* dengan variasi sudut  $45^\circ$  tiap *rectenna*



**Gambar 4.2** Konfigurasi Dengan 8 Buah *Rectenna*

Sumber: Pengukuran

4. Pengukuran keempat dilakukan dengan 16 buah *rectenna* dengan variasi sudut  $22.5^\circ$  tiap *rectenna*

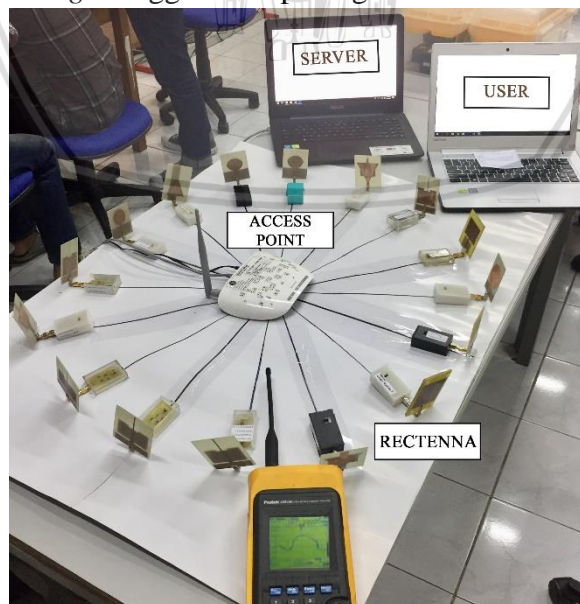


**Gambar 4.3** Konfigurasi Dengan 16 Buah *Rectenna*

Sumber: Pengukuran

#### 4.1.4 Konfigurasi Simulasi Pengukuran Parameter QoS

Konfigurasi simulasi pengukuran parameter QoS yang meliputi parameter *delay*, kecepatan, dan *throughput* ini dilakukan secara *indoor* di LAB Gelombang Mikro. Dapat dilihat pada Gambar 4.4, skenario yang ditetapkan sama seperti skenario pada pengukuran parameter *level* daya terima dengan menggunakan 4, 8, dan 16 buah *rectenna*. Perbedaannya ialah penggunaan laptop server yang dihubungkan dengan *access point* melalui kabel *ethernet*. Laptop *server* berfungsi sebagai pengirim data ke laptop *user*. Kemudian data yang dikirim adalah berupa *video streaming* menggunakan perangkat lunak VLC.



**Gambar 4.4** Konfigurasi Pengukuran Parameter QoS

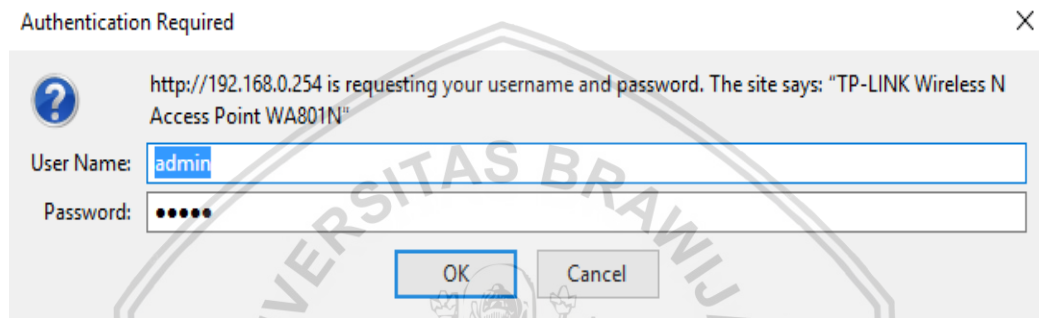
Sumber: Simulasi



#### 4.1.4 Instalasi *Setting Laptop Server*

Pada penelitian ini diperlukan adanya transfer data dari laptop *server* ke laptop *user* agar parameter QoS dapat diamati. Berikut adalah langkah-langkah instalasinya:

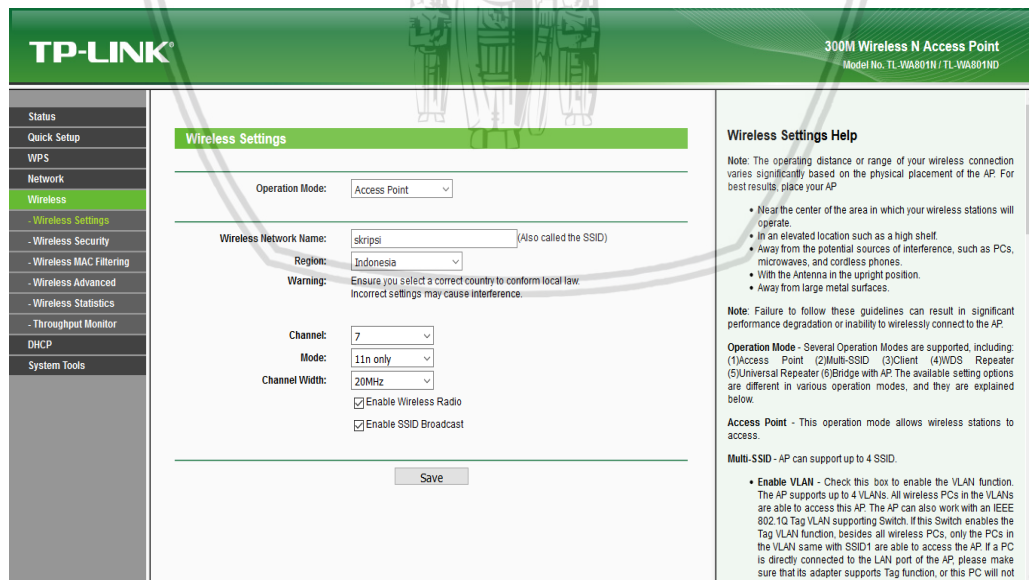
1. Hidupkan laptop server
2. Nyalakan router, sambungkan dengan laptop server menggunakan kabel LAN dan buka web browser untuk dapat mengkonfigurasi kanal
3. Tampilan pada *web browser* akan menampilkan tampilan log in untuk dapat masuk ke konfigurasi router. Isi nama pengguna “admin” dan untuk kata sandi “admin”



**Gambar 4.5** Tampilan Log In Access Point

Sumber: Simulasi

4. Pilih sub menu Wireless untuk mengatur kanal



**Gambar 4.6** Tampilan *User Interface Access Point*

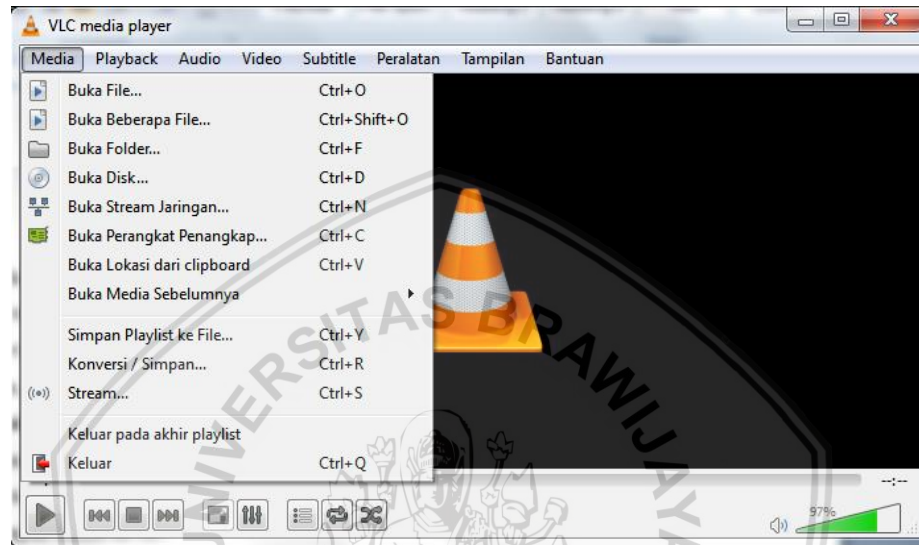
Sumber: Simulasi

5. Kemudian klik “save”, sehingga router akan melakukan reboot secara otomatis.

#### 4.1.5 Instalasi Setting *Streaming Video*

*Streaming video* dilakukan pada laptop user yang sudah diinstalasi *VLC Media Player* sebagai user dan laptop server yang sudah diinstalasi *VLC Media Player* sebagai penyedia *streaming*.

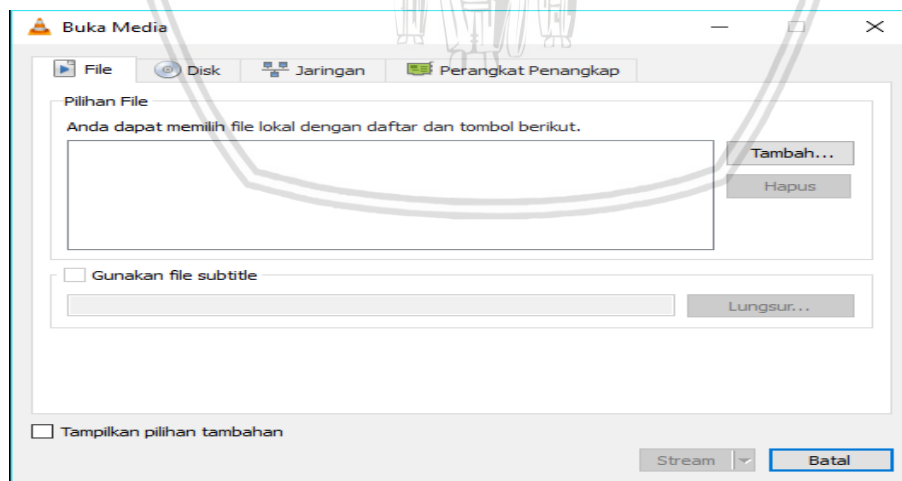
- 1) Buka perangkat lunak *VLC Media Player* pada laptop server dan pilih menu “Media” lalu pilih submenu “Stream”



**Gambar 4.7** Tampilan *VLC Media Player*

Sumber: Simulasi

- 2) Klik “Tambah” lalu pilih video yang ingin distreaming kan



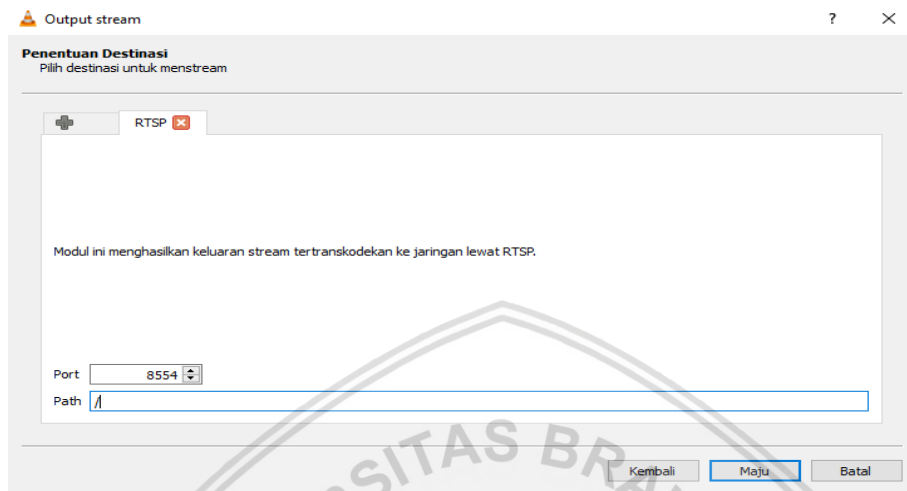
**Gambar 4.8** *Window Streaming*

Sumber: Simulasi

- 3) Setelah video terpilih klik “Stream” lalu klik “Maju”



- 4) Pada saat keluar window Output stream, pada pilihan destinasi baru pilih RTSP lalu klik “Tambah”
- 5) Maka akan keluar window seperti gambar di bawah lalu klik “Maju”



**Gambar 4.9** Window Setting Protocol

Sumber: Simulasi

- 6) Setelah itu akan keluar window seperti gambar di bawah lalu klik “Maju” dan “Stream”

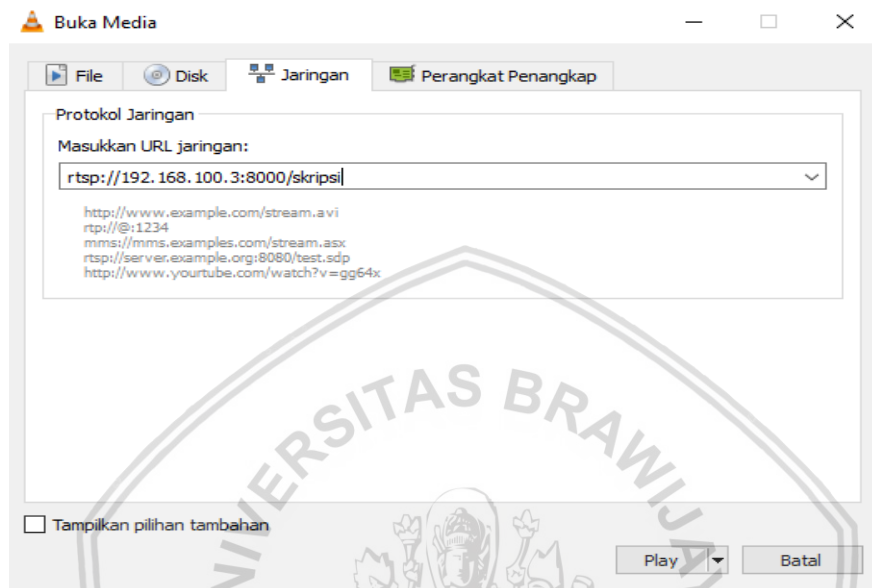


**Gambar 4.10** Window Pilihan Transcode

Sumber: Simulasi

- 7) Saat video sudah mulai distreaming kan tekan Windows+R lalu ketik “cmd” maka akan muncul command prompt lalu ketik “ipconfig” untuk mengetahui IP laptop server agar dapat diakses oleh laptop user

- 8) Buka perangkat lunak *VLC Media Player* pada laptop user dan pilih menu “Media” lalu pilih submenu “Buka Stream Jaringan”
- 9) Lalu isi kan alamat IP *video streaming* pada kotak dialog sesuai dengan alamat IP *video* pada *server*. Contoh alamat: `rtsp://192.168.100.3/skripsi`.



**Gambar 4.11** Window Setting Alamat IP

Sumber: Simulasi

- 10) Klik “Play” kemudian video akan diputar



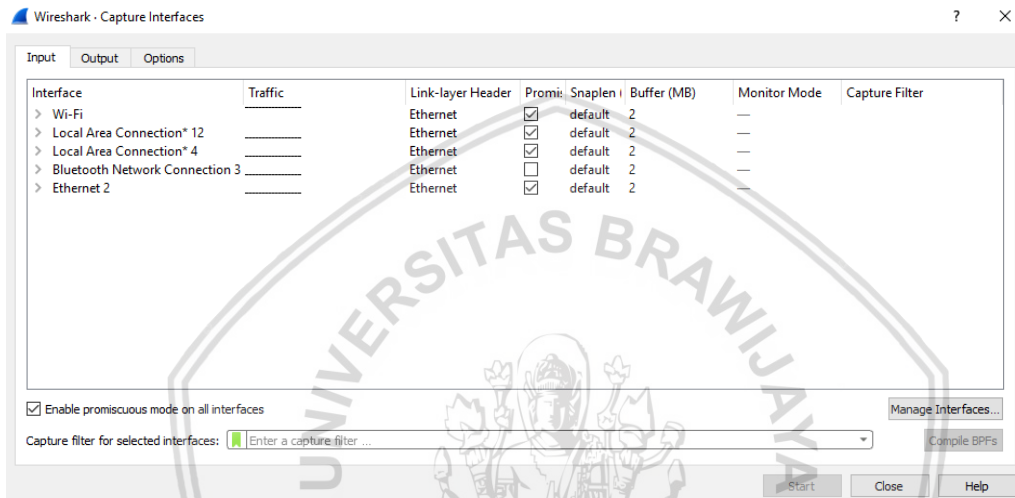
**Gambar 4.12** Tampilan Video Pada User

Sumber: Simulasi

#### 4.1.6 Setting Proses Capturing Data Menggunakan WireShark

Proses capturing data dilakukan pada laptop *user* dengan *network analyzer* Wireshark. Proses *capturing* data dilakukan saat tanpa ada interferensi dari *rectenna* dan saat ada interferensi dari *rectenna* selama 2 menit. Cara yang dilakukan untuk melakukan proses *capturing* data adalah sebagai berikut.

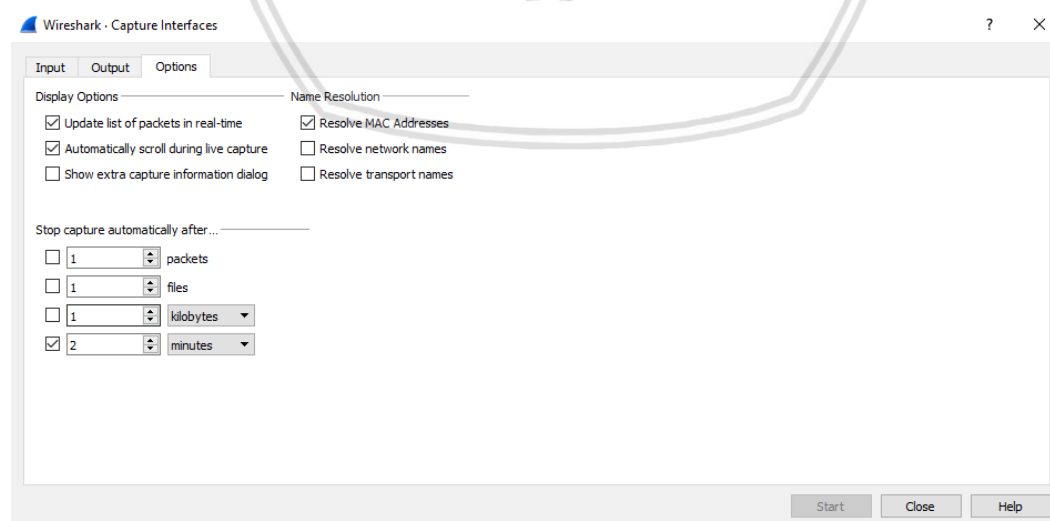
- 1) Buka *Wireshark* dan klik “*Capture Option*” untuk memilih *network adapter* yang akan digunakan. Berikan tanda centang pada “*Ethernet*” dan pada “*Wi-Fi*”.



**Gambar 4.13** Cara *Setting Interface* WireShark

Sumber: Simulasi

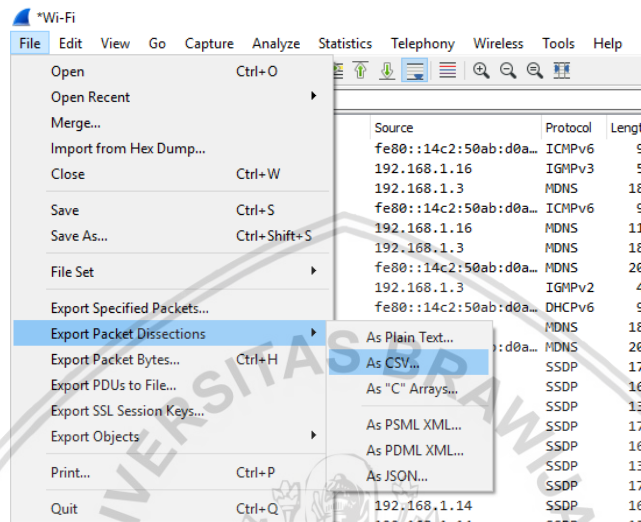
- 2) Klik menu “*Options*” untuk menentukan waktu durasi proses *capturing* data dan untuk memulai



**Gambar 4.14** Cara *Setting Durasi Capturing* WireShark

Sumber: Simulasi

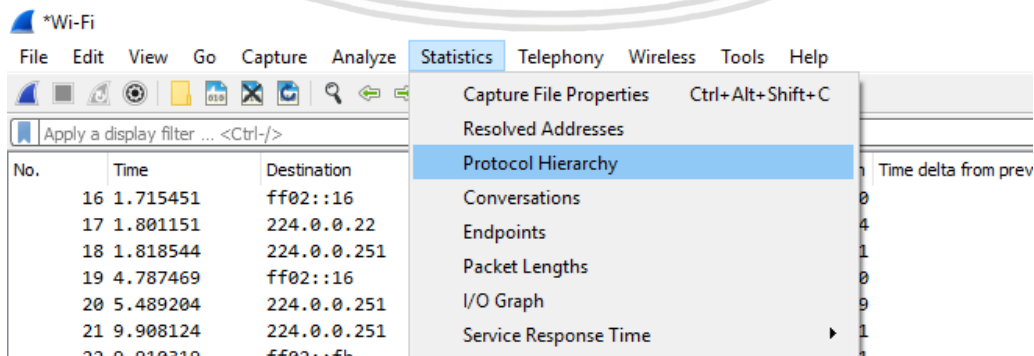
- 3) Berikan tanda centang pada “2 minutes” dan klik *start*
- 4) Setelah proses *capturing* data selesai, simpan hasil dengan cara klik “File” lalu “Export Packet Dissections” kemudian “As CSV.” sehingga akan muncul *window* untuk menyimpan hasil



**Gambar 4.15** Cara *Save Data Capture* WireShark

Sumber: Simulasi

- 5) Pada kolom “*Packet Range*” berikan tanda pada “*All Packet*” dan “*Displayed*” kemudian klik *save*.
- 6) Data yang telah disimpan kemudian dapat diolah melalui program *Microsoft Excel* untuk menghitung rata-rata pada parameter *delay*.
- 7) Untuk melihat besar *throughput* yang terpantau dapat melalui menu “*Statistic*” kemudian pilih “*Protocol Hierarchy*”



**Gambar 4.16** Cara Melihat Hasil *Throughput* WireShark

Sumber: Simulasi

- 8) Hasil *Throughput* dapat dilihat pada kolom “bit/s” dan baris “*Internet Protocol Version 4*”

Wireshark - Protocol Hierarchy Statistics - wireshark\_B68D5677-ED82-4308-8F27-36D44DC09C3F\_20180329153619\_a05020

Protocol	Percent Packets	Packets	Percent Bytes	Bytes	Bits/s	End Packets	End Bytes	End Bits/s
▼ Frame	100.0	41	100.0	5340	1202	0	0	0
▼ Ethernet	100.0	41	10.7	574	129	0	0	0
▼ Internet Protocol Version 6	22.0	9	6.7	360	81	0	0	0
> User Datagram Protocol	12.2	5	0.7	40	9	0	0	0
Internet Control Message Protocol v6	9.8	4	2.4	128	28	4	128	28
▼ Internet Protocol Version 4	78.0	32	12.4	664	149	0	0	0
> User Datagram Protocol	48.8	20	3.0	160	36	0	0	0
▼ Transmission Control Protocol	12.2	5	7.8	416	93	4	80	18
> Hypertext Transfer Protocol	2.4	1	5.9	316	71	0	0	0
Internet Group Management Protocol	17.1	7	1.3	72	16	7	72	16

**Gambar 4.17** Cara Melihat Hasil *Throughput* WireShark

Sumber: Simulasi

## 4.2 Analisis Data

Data yang diambil menggunakan *Network Meter* WireShark akan menampilkan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk *Quality of Service*. Untuk mengetahui apakah *Quality of Service* pada suatu jaringan WLAN diperlukan parameter acuan yang sudah dijelaskan pada skripsi ini yang terletak pada Bab 2. Saat pengambilan data dipastikan bahwa tidak ada pengguna frekuensi 2,4 GHz selain peneliti.

### 4.2.1 Analisis *Level Daya Terima Rectenna*

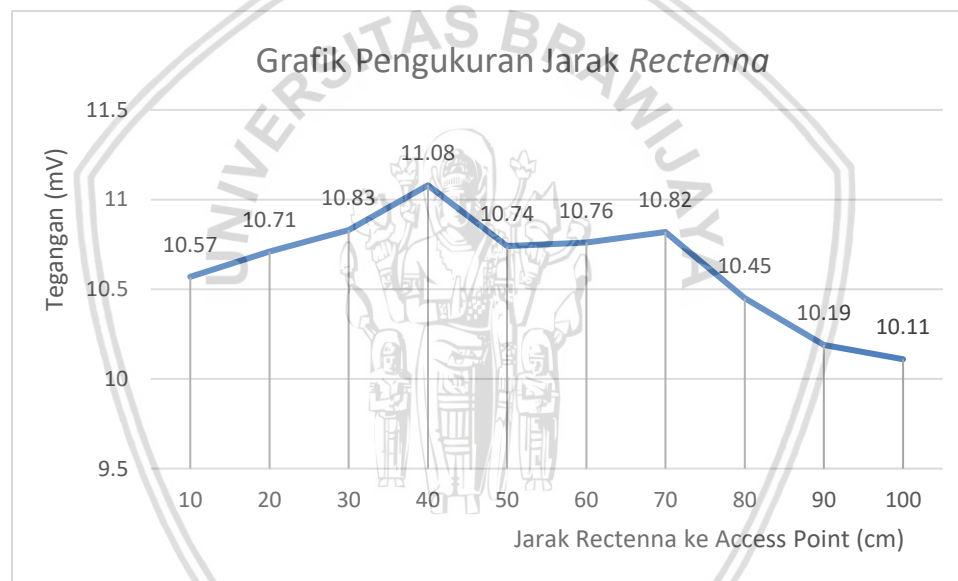
*Level* daya terima adalah besarnya daya yang diterima dari *transmitter* ke *receiver*. Pengukuran ini ditujukan untuk membuktikan bahwa *rectenna* mampu menerima daya yang dipancarkan oleh WLAN 802.1.1n. Nilai *level* daya terima pada pengukuran kali ini dilakukan dengan menggunakan alat *Field Stregth Meter* yang kemudian akan ditampilkan dalam tabel dan grafik.

#### 4.2.1.1 Analisis Jarak Interferensi *Rectenna*

Pada pengukuran jarak interferensi *rectenna*, penulis menggunakan satu buah *rectenna* yang kemudian diletakkan sejajar dengan perangkat WLAN 802.1.1n. jarak yang digunakan dimulai dari 10cm hingga 100cm dengan penambahan 10cm setiap pengukurannya. Berikut adalah hasil pengukuran yang ditampilkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.18.

**Tabel 4.3** Pengukuran Jarak Interferensi *Rectenna*

Jarak <i>Rectenna</i> ke Access Point (cm)	<i>Rectenna</i>		<i>FSM</i>	
	Tegangan (mV)	Arus (mA)	Watt	dBm
10	10.57	2.16E-10	9.51E-10	-90.22
20	10.71	1.65E-10	5.12E-10	-92.91
30	10.83	4.19E-11	1.93E-10	-97.15
40	11.08	1.02E-11	1.04E-10	-99.81
50	10.74	1.04E-11	8.39E-11	-100.76
60	10.76	8.97E-12	7.45E-11	-101.28
70	10.82	1.94E-11	1.07E-10	-99.71
80	10.45	2.80E-10	3.08E-10	-95.11
90	10.19	1.51E-10	2.71E-10	-95.67
100	10.11	2.75E-11	2.00E-10	-96.98



**Gambar 4.18** Grafik Pengukuran Jarak *Rectenna* Terhadap Tegangan

Dari data diatas dapat dilihat bahwa jarak yang paling optimal untuk *rectenna* sebagai penginterferensi adalah 40 cm, karena *rectenna* dapat menghasilkan tegangan 11.08 mV. Sedangkan untuk yang paling buruk adalah 100 cm karena *rectenna* hanya dapat menghasilkan tegangan sebesar 10.11 mV.

#### 4.2.1.2 Analisis *Level Daya* Terima Oleh 4 *Rectenna*

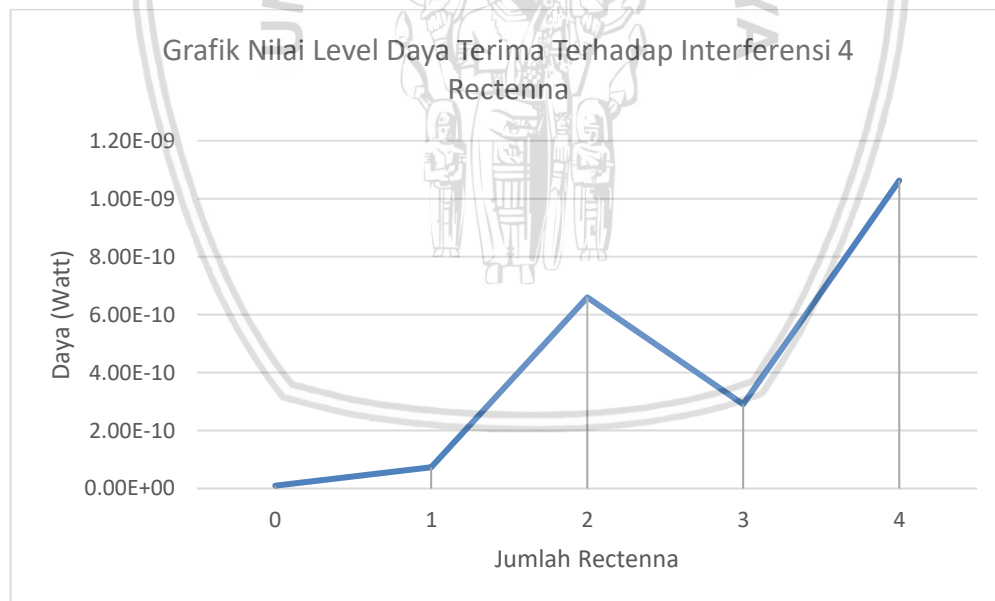
Pada pengukuran ini dilakukan dengan 4 buah *rectenna* yang diletakkan sejajar dan mengelilingi perangkat WLAN 802.1.1n, dengan jarak sejauh 40cm dari perangkat WLAN 802.1.1n dan perbedaan sudut 90° tiap *rectenna*. Pengukuran dilakukan bertahap dengan meletakkan *rectenna* satu-persatu sesuai posisi yang telah ditentukan. Berikut adalah hasil



pengukuran dari parameter *level* daya terima oleh 4 *rectenna* yang ditampilkan pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.19.

**Tabel 4.4** Nilai *Level* Daya Terima Oleh 4 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	P1		P2		P3		P4		FSM	Rata-rata		
										v	i	W
0									W	0	0	9.72E-12
							9.72747E-12					
1	R1								W	10.2	7.22E-12	7.381E-11
	v	i										
	10.9	6.79E-12										
	W											
	7.40E-11								7.36207E-11			
2	R1		R2						W	10.2	9.3382E-11	6.5948E-10
	v	i	v	i								
	10.2	1.30E-10	10	5.63E-11								
	W		W									
	1.33E-09		5.74E-10						7.34514E-11			
3	R1		R2		R3				W	10.23	3.46E-11	2.9055E-10
	v	i	v	i	v	i						
	10.6	6.93E-12	9.9	1.03E-11	10.2	8.66E-11						
	W		W		W							
	7.35E-11		1.02E-10		8.83E-10				1.03753E-10			
4	R1		R2		R3		R4		W	10.03	1.3236E-10	1.0628E-09
	v	i	v	i	v	i	v	i				
	10.3	1.00E-11	9.8	1.95E-10	10.4	2.32E-10	9.6	9.28E-11				
	W		W		W		W					
	1.03E-10		1.91E-09		2.41E-09		8.91E-10		1.03753E-10			



**Gambar 4.19** Grafik Nilai *Level* Daya Terima Oleh 4 *Rectenna*

Dari data grafik diatas, pada kondisi tanpa ada *rectenna*, daya yang diterima oleh FSM sebesar 9.72E-12 Watt. Kemudian setelah diletakkann 1 buah *rectenna* pada posisi pertama, *rectenna* menunjukkan adanya penerimaan rata-rata daya sebesar 7.36E-11. Pada kondisi kedua dimana diletakkan 2 buah *rectenna*, terlihat adanya kenaikann penerimaan daya dimana rata-

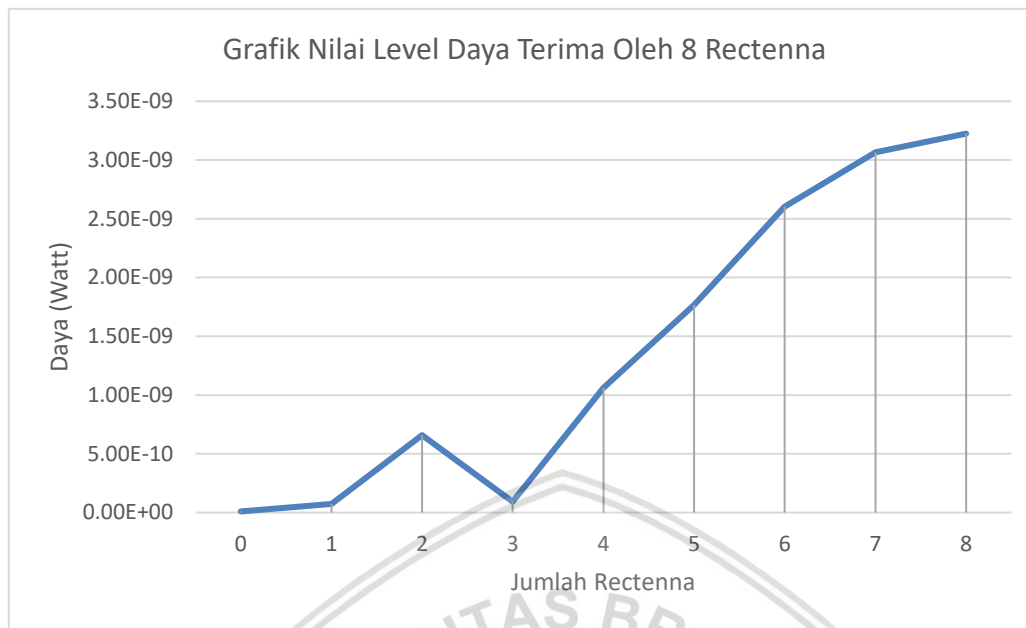
rata daya yang diterima sebesar  $6.59\text{E-}10$  Watt. Kemudian pada kondisi 3 buah *rectenna*, daya yang diterima naik menjadi  $2.91\text{E-}10$  Watt. Nilai daya yang diterima oleh *rectenna* kembali naik pada posisi saat diletakkan *rectenna* keempat, dimana daya yang diterima sebesar  $1.063\text{E-}09$  Watt. Pada keseluruhan pengukuran ini dapat dilihat bahwa terjadi siklus naik-turun dari besarnya daya yang diterima oleh *rectenna* namun cenderung naik.

#### 4.2.1.3 Analisis *Level* Daya Terima Terhadap Interferensi 8 *Rectenna*

Pada pengukuran ini dilakukan dengan menambahkan 4 buah *rectenna* dari pengukuran sebelumnya sehingga perbedaan sudut menjadi sebesar  $45^\circ$  tiap *rectenna*. Pengukuran dilakukan bertahap dengan meletakkan *rectenna* satu-persatu sesuai posisi yang telah ditentukan. Berikut adalah hasil pengukuran dari parameter *level* daya terima oleh 8 *rectenna* yang ditampilkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.20.

**Tabel 4.5** Nilai *Level* Daya Terima Oleh 4 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	FSM	Rata-rata		
										v	i	W
0									W	0	0	$9.72\text{E-}12$
									$9.72747\text{E-}12$			
1	R1								W	10.2	$7.22\text{E-}12$	$7.381\text{E-}11$
	v	i										
	10.9	$6.79\text{E-}12$										
	W								$7.36207\text{E-}11$			
2	R1		R2						W	10.2	$9.3382\text{E-}11$	$6.5948\text{E-}10$
	v	i	v	i								
	10.2	$1.30\text{E-}10$	10	$5.63\text{E-}11$								
	W		W						$7.34514\text{E-}11$			
3	R1		R2		R3				W	10.23	$3.46\text{E-}11$	$2.9055\text{E-}10$
	v	i	v	i	v	i						
	10.6	$6.93\text{E-}12$	9.9	$1.03\text{E-}11$	10.2	$8.66\text{E-}11$						
	W		W		W				$1.03753\text{E-}10$			
4	R1		R2		R3		R4		W	10.03	$1.3236\text{E-}10$	$1.0628\text{E-}09$
	v	i	v	i	v	i	v	i				
	10.3	$1.00\text{E-}11$	9.8	$1.95\text{E-}10$	10.4	$2.32\text{E-}10$	9.6	$9.28\text{E-}11$				
	W		W		W		W		$1.03753\text{E-}10$			
5	R1		R2		R3		R4		W	9.78	$2.1536\text{E-}10$	$1.7675\text{E-}09$
	v	i	v	i	v	i	v	i				
	10	$4.05\text{E-}11$	9.1	$6.01\text{E-}10$	10	$1.84\text{E-}10$	9.8	$1.10\text{E-}10$				
	W		W		W		W		$3.99945\text{E-}10$			
6	R1		R2		R3		R4		W	10.05	$2.939\text{E-}10$	$2.6032\text{E-}09$
	v	i	v	i	v	i	v	i				
	9.6	$4.73\text{E-}10$	9.7	$6.28\text{E-}10$	11	$2.42\text{E-}10$	9.7	$1.92\text{E-}10$				
	W		W		W		W		$7.09578\text{E-}10$			
7	R1		R2		R3		R4		W	9.829	$3.4731\text{E-}10$	$3.0666\text{E-}09$
	v	i	v	i	v	i	v	i				
	9.3	$7.13\text{E-}10$	9.3	$8.6742\text{E-}10$	11	$3.26\text{E-}10$	9.5	$1.76\text{E-}10$				
	W		W		W		W		$1.11173\text{E-}09$			
8	R1		R2		R3		R4		W	9.845	$3.7069\text{E-}10$	$3.2244\text{E-}09$
	v	i	v	i	v	i	v	i				
	9	$8.37\text{E-}10$	8.9	$1.20\text{E-}09$	10.86	$3.88\text{E-}10$	9.8	$1.92\text{E-}10$				
	W		W		W		W		$1.19674\text{E-}09$			



**Gambar 4.20** Grafik Nilai *Level* Daya Terima Oleh 8 *Rectenna*

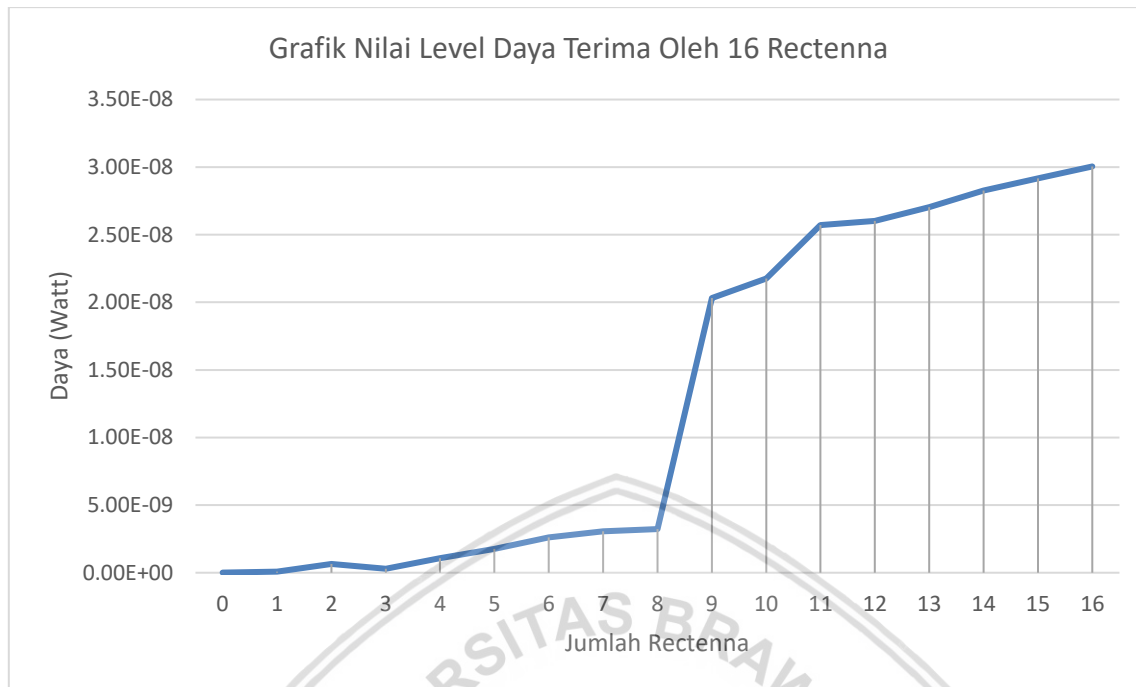
Dari data grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai daya yang diterima oleh *rectenna* semakin besar seiring bertambahnya jumlah *rectenna*. Pada kondisi diletakkan 5 buah *rectenna*, rata-rata daya yang diterima oleh *rectenna* naik menjadi 1.77E-09 Watt. Pada penambahan *rectenna* ke-6, rata-rata daya yang diterima oleh *rectenna* kembali naik menjadi 2.60E-09 Watt. Kemudian pada posisi diletakkannya 7 buah *rectenna*, rata-rata nilai daya yang diterima kembali naik menjadi 3.07E-09 Watt. . Nilai daya yang diterima oleh *rectenna* kembali naik pada posisi saat diletakkan *rectenna* ke-8, dimana daya yang diterima sebesar 3.22E-09 Watt.

#### 4.2.1.4 Analisis *Level* Daya Terima Oleh 16 *Rectenna*

Pada pengukuran ini dilakukan dengan menambahkan 8 buah *rectenna* dari pengukuran sebelumnya sehingga jumlah *rectenna* menjadi 16 buah dan perbedaan sudut menjadi sebesar 22.5° tiap *rectenna*. Pengukuran dilakukan bertahap dengan meletakkan *rectenna* satu-persatu sesuai posisi yang telah ditentukan. Berikut adalah hasil pengukuran dari parameter *level* daya terima oleh 16 *rectenna* yang ditampilkan pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.21.

Rectenna	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	ESM	Rectenna		
																		V	i	W
0	R1 10.2 1.2E-12 W																	W	0	9.72E-12
																		W	10.2	7.2E-12
																			W	
1	R1 7.96E-11 W																	W	7.96E-11	7.96E-11
																		W	8.3	1.109E-10
																			W	
2	R1 10.2 1.50E-10 W																	W	1.109E-10	6.594E-10
																		W		
																			W	
3	R1 10.6 6.97E-12 W																	W	8.267	1.174E-11
																		W	8.267	1.174E-11
																			W	
4	R1 10.3 1.0E-11 W																	W	9.15	1.594E-10
																		W	9.15	1.594E-10
																			W	
5	R1 10.4 6E-11 W																	W	7.5	3.59E-10
																		W	7.5	3.59E-10
																			W	
6	R1 9.6 4.75E-10 W																	W	4.833	6.568E-10
																		W	4.833	6.568E-10
																			W	
7	R1 9.2 1.1E-10 W																	W	4.514	7.406E-10
																		W	4.514	7.406E-10
																			W	
8	R1 9.2 1.1E-10 W																	W	2.896	1.560E-09
																		W	2.896	1.560E-09
																			W	
9	R1 3.1 4.35E-09 W																	W	0.914	1.817E-07
																		W	0.914	1.817E-07
																			W	
10	R1 2.4 7.0E-10 W																	W	0.86	1.514E-08
																		W	0.86	1.514E-08
																			W	
11	R1 8.1 1E-11 W																	W	2.3	2.163E-08
																		W	2.3	2.163E-08
																			W	
12	R1 6.3 1.2E-11 W																	W	2.417	1.180E-08
																		W	2.417	1.180E-08
																			W	
13	R1 9.2 1.7E-10 W																	W	3.109	1.134E-08
																		W	3.109	1.134E-08
																			W	
14	R1 8.1 1E-11 W																	W	2.379	1.337E-08
																		W	2.379	1.337E-08
																			W	
15	R1 3.1 4.65E-10 W																	W	1.513	1.445E-08
																		W	1.513	1.445E-08
																			W	
16	R1 2.4 7.5E-10 W																	W	2.1	1.082E-08
																		W	2.1	1.082E-08
																			W	

Tabel 4.6 Nilai Level Daya Terima Oleh 16 Rectenna



**Gambar 4.21** Grafik Nilai Level Daya Terima Oleh 16 Rectenna

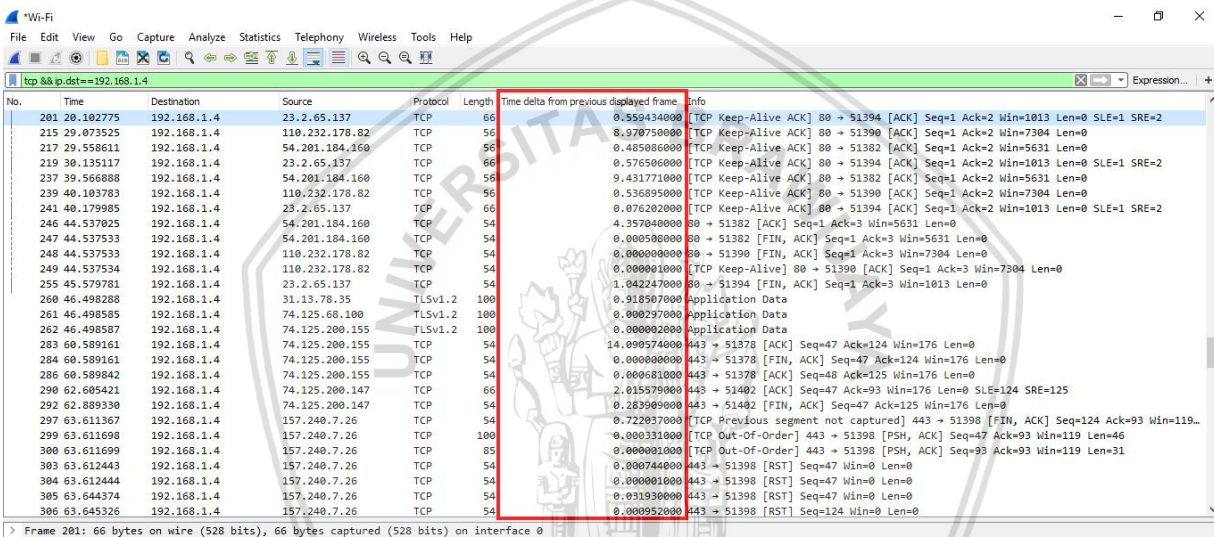
Dari data grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai daya yang diterima oleh *rectenna* mengalami kondisi cenderung naik. Pada kondisi diletakkan 9 buah *rectenna*, rata-rata daya yang diterima oleh *rectenna* naik menjadi 2.03E-09 Watt. Pada penambahan *rectenna* ke-10, rata-rata daya yang diterima oleh *rectenna* berbalik turun menjadi 2.18E-09 Watt. Kemudian pada posisi 11 buah *rectenna*, rata-rata nilai daya yang diterima kembali naik menjadi 2.57E-08 Watt. Nilai daya yang diterima oleh *rectenna* mengalami kenaikan pada posisi saat diletakkan *rectenna* ke-12, dimana daya yang diterima sebesar 2.60E-08 Watt. Namun pada posisi diletakkannya 13 buah *rectenna*, rata-rata nilai daya yang diterima kembali naik menjadi 2.71E-08 Watt. Kemudian pada kondisi diletakkan 14 buah *rectenna*, rata-rata daya yang diterima oleh *rectenna* mengalami sedikit kenaikan menjadi 2.836E-08 Watt. Selanjutnya pada kondisi diletakkan 15 buah *rectenna*, rata-rata daya yang diterima oleh *rectenna* kembali turun menjadi 2.92E-08 Watt. Setelah diletakkannya *rectenna* terakhir yaitu *rectenna* ke 16, rata-rata nilai daya yang diterima naik menjadi 3.01E-08 Watt.

Seluruh pengukuran *level* daya terima yang telah dilakukan membuktikan bahwa *rectenna* mampu menerima daya yang dipancarkan oleh WLAN 802.1.1n, dan dengan demikian *rectenna* dapat dikategorikan sebagai penginterferensi pasif dimana secara tidak langsung menyerap daya yang dipancarkan oleh WLAN 802.1.1n, yang seharusnya ditujukan untuk perangkat lain yang bekerja pada frekuensi yang sama.



## 4.2.2 Analisis Delay

*Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data dari sumber ke penerima. *Delay* dapat dipengaruhi oleh media fisik, jarak, dan *noise* interferensi. Nilai *delay* didapatkan dari proses capturing pada *wireshark* dengan memunculkan kolom “*Time delta from previous displayed frame*”, seperti pada kolom bertanda merah pada Gambar 4.22, yang merupakan selisih jarak waktu pada setiap paket yang diterima. Data kemudian disaring hanya menggunakan tipe TCP dengan alamat ip destination 192.168.1.4 sesuai dengan alamat ip yang digunakan oleh laptop penulis. Selanjutnya data yang telah disimpan akan diolah dengan program *Microsoft Excel* untuk menghitung rata-rata *delay* dari setiap pengukuran.



**Gambar 4.22** Proses *capturing delay* terhadap 4 *rectenna*.

Sumber: Simulasi

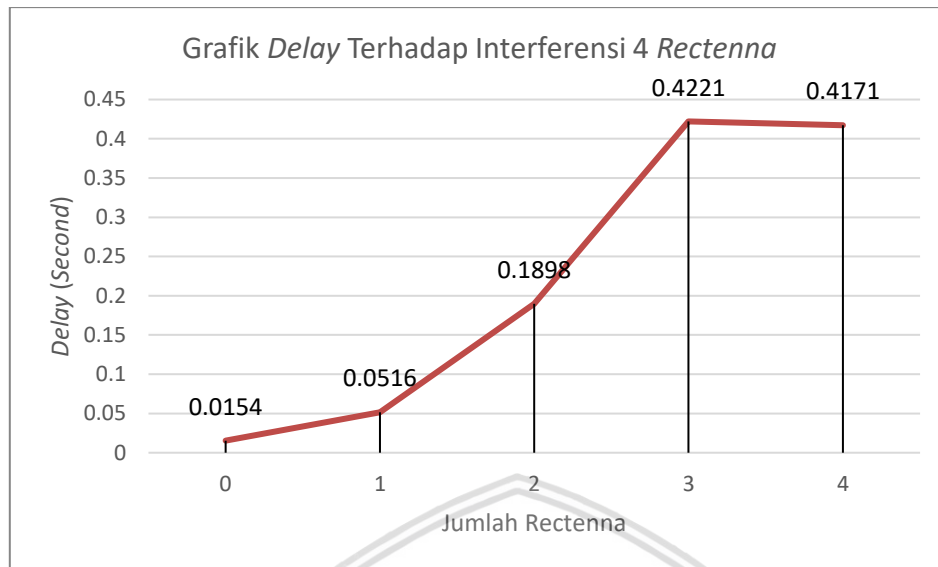
### 4.2.2.1 Analisis Delay Terhadap Interferensi 4 Rectenna

Berikut adalah hasil dari pengukuran parameter *delay* dengan 4 *rectenna* yang diperlihatkan pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.23.

**Tabel 4.7** Nilai *Delay* Terhadap Interferensi 4 Rectenna

Jumlah Rectenna	Delay (second)	Kategori
0	0.0154	Sangat Bagus
1	0.0516	Sangat Bagus
2	0.1898	Bagus
3	0.4221	Sedang
4	0.4171	Buruk





**Gambar 4.23** Grafik Delay Terhadap Interferensi 4 Rectenna

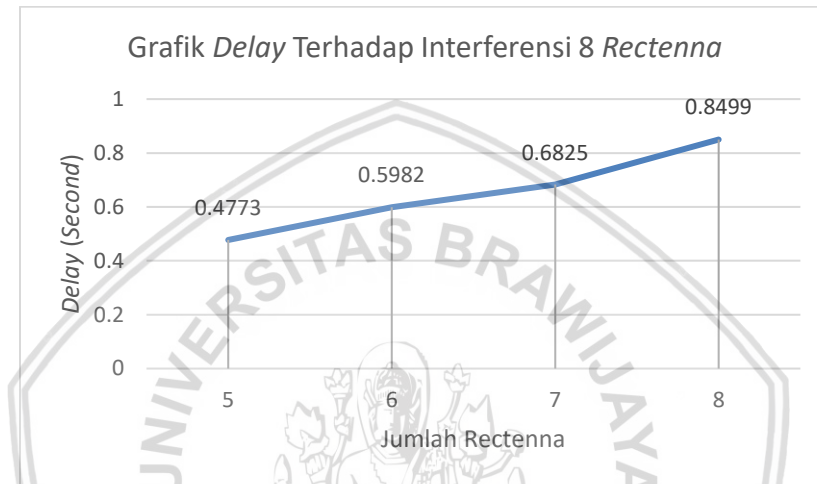
Dari data grafik diatas, terlihat adanya peningkatan nilai *delay* dari pengukuran dengan menggunakan 1 *rectenna* hingga 4. Saat tidak ada interferensi dari *rectenna* nilai *delay* sebesar 0.0154 detik. Pada saat ada interferensi dari 1 buah *rectenna*, nilai *delay* mendapat kenaikan sehingga *delay* yang dihasilkan adalah sebesar 0.0516 detik. Untuk nilai *delay* dengan interferensi dari 1 buah *rectenna* dapat termasuk kedalam kategori sangat bagus dimana nilainya  $< 0.15$  detik. Kemudian saat ada interferensi dari 2 buah *rectenna*, nilai *delay* semakin meningkat menjadi 0.1898 detik. Nilai tersebut jika dibandingkan dengan Tabel 2.4 termasuk dalam kategori bagus. Peningkatan *delay* kembali berlanjut pada saat ada interferensi dari 3 buah *rectenna* yaitu naik menjadi 0.4221 detik, yang mana nilai *delay* tersebut termasuk dalam kategori sedang. Untuk nilai *delay* pada saat ada interferensi dari 4 buah *rectenna* sedikit mengalami penurunan menjadi 0.4171, dimana untuk nilai tersebut termasuk kedalam kategori buruk ( $delay > 0.45$  detik). Semakin banyaknya jumlah *rectenna* sebagai penginterferensi, maka semakin tinggi pula nilai *delay*.

#### 4.2.2.2 Analisis Delay Terhadap Interferensi 8 Rectenna

Berikut adalah hasil dari pengukuran parameter *delay* dengan 8 *rectenna* yang diperlihatkan pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.24.

**Tabel 4.8** Nilai *Delay* Terhadap Interferensi 8 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	Delay (second)	Kategori
5	0.4773	Buruk
6	0.5982	Buruk
7	0.6825	Buruk
8	0.8499	Buruk

**Gambar 4.24** Grafik *Delay* Terhadap Interferensi 8 *Rectenna*

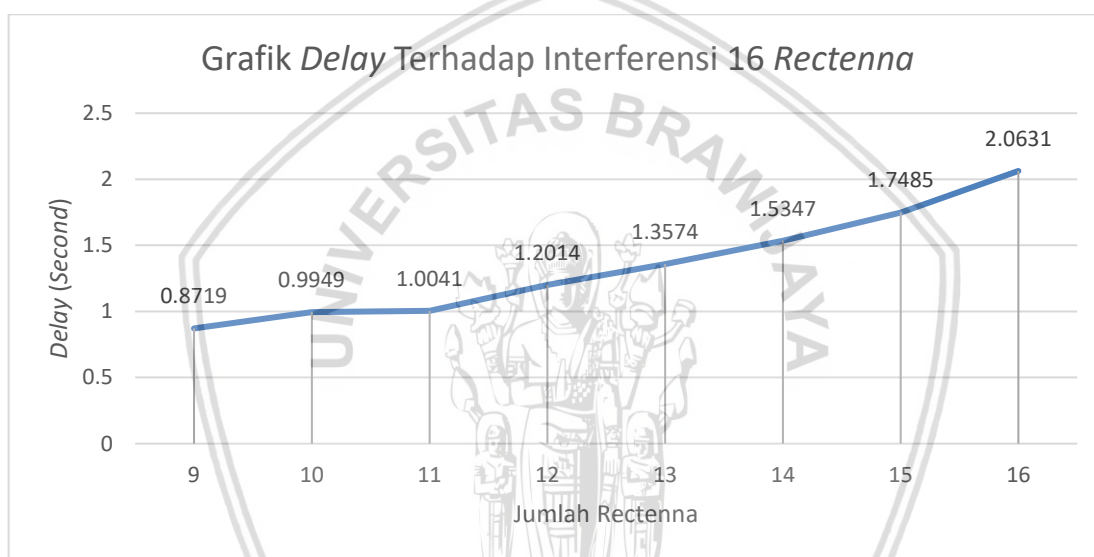
Dari data grafik diatas, peningkatan nilai *delay* tetap terjadi dari pengukuran dengan menggunakan 5 *rectenna* hingga 8 *rectenna*. Pada saat ada interferensi dari 5 buah *rectenna*, nilai *delay* yang dihasilkan adalah sebesar 0.04773 detik. Kemudian saat ada interferensi dari 6 buah *rectenna*, nilai *delay* meningkat menjadi 0.5982 detik. Peningkatan *delay* kembali berlanjut pada saat ada interferensi dari 7 buah *rectenna* yaitu naik menjadi 0.6825 detik. Kemudian untuk nilai *delay* pada saat ada interferensi dari 8 buah *rectenna*, nilai *delay* mendapat kenaikan sebesar 0.1674 detik sehingga *delay* yang dihasilkan adalah sebesar 0.8499 detik. Pada pengukuran dengan menggunakan 5 *rectenna* hingga 8 *rectenna*, seluruh nilai *delay* yang dihasilkan masuk kedalam kategori buruk (*delay* > 0.45 detik).

#### 4.2.2.3 Analisis *Delay* Terhadap Interferensi 16 *Rectenna*

Berikut adalah hasil dari pengukuran parameter *delay* dengan 16 *rectenna* yang diperlihatkan pada Tabel 4.9 dan Gambar 4.25.

**Tabel 4.9** Nilai *Delay* Terhadap Interferensi 16 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	Delay (second)	Kategori
9	0.8719	Buruk
10	0.9949	Buruk
11	1.0041	Buruk
12	1.2014	Buruk
13	1.3574	Buruk
14	1.5347	Buruk
15	1.7485	Buruk
16	2.0631	Buruk

**Gambar 4.25** Grafik *Delay* Terhadap Interferensi 16 *Rectenna*

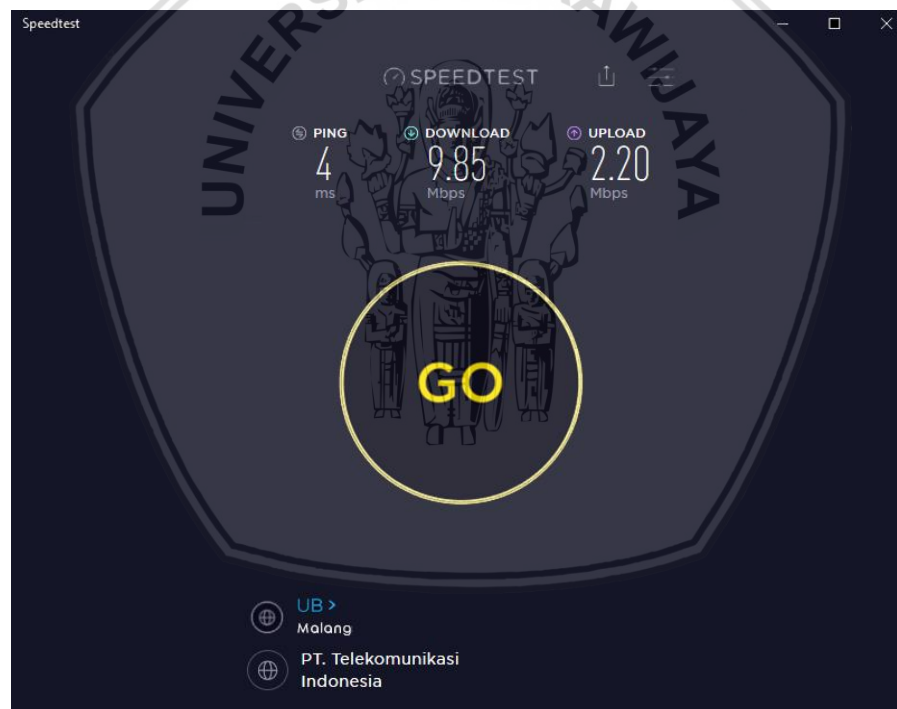
Dari data grafik diatas, peningkatan nilai *delay* tetap terjadi dari pengukuran dengan menggunakan 9 *rectenna* hingga 16 *rectenna*. Pada saat ada interferensi dari 9 buah *rectenna*, nilai *delay* yang dihasilkan adalah sebesar 0.8719 detik. Kemudian saat ada interfersi dari 10 buah *rectenna*, nilai *delay* semakin meningkat menjadi 0.8749 detik. Peningkatan *delay* kembali berlanjut pada saat ada interferensi dari 11 buah *rectenna* yang mengalami kenaikan sebesar 0.1292 detik sehingga menjadi 1.0041 detik. Kemudian untuk nilai *delay* pada saat ada interferensi dari 12 buah *rectenna* mengalami peningkatan cukup besar yaitu sebesar 0.1976 detik, sehingga nilai *delay* menjadi 1.2014 detik. Pada saat ada interferensi dari 13 buah *rectenna*, nilai *delay* yang dihasilkan adalah sebesar 1.2574 detik. Kemudian saat ada interfersi dari 10 buah *rectenna*, nilai *delay* semakin meningkat menjadi 1.7485 detik.

Pada pengukuran terakhir, nilai *delay* yang dihasilkan dari 16 *rectenna* ternyata mampu mencapai 2.563 detik dimana mengalami peningkatan sebesar 0.8416 detik dari pengukuran dengan menggunakan 15 buah *rectenna*. Nilai tersebut bahkan jauh diatas batas minimum kategori buruk parameter *delay* yaitu  $>0.45$  detik.

Selain dampak dari *rectenna*, penurunan performansi yang mengakibatkan *delay* juga bisa disebabkan oleh besarnya *bandwidth* saat *user* mengakses *video streaming*, dan juga bisa disebabkan oleh perangkat yang digunakan memiliki keterbatasan kemampuan dalam mengakses koneksi dan transfer data besar.

#### 4.2.3 Analisis Kecepatan

Dalam pengujian kecepatan dari sebuah *access point* parameter yang dihitung meliputi *Download*, dan *Upload*. Berikut adalah nilai dari kecepatan setiap pengukuran yang diukur menggunakan program *Speed Test* seperti pada Gambar 4.26.



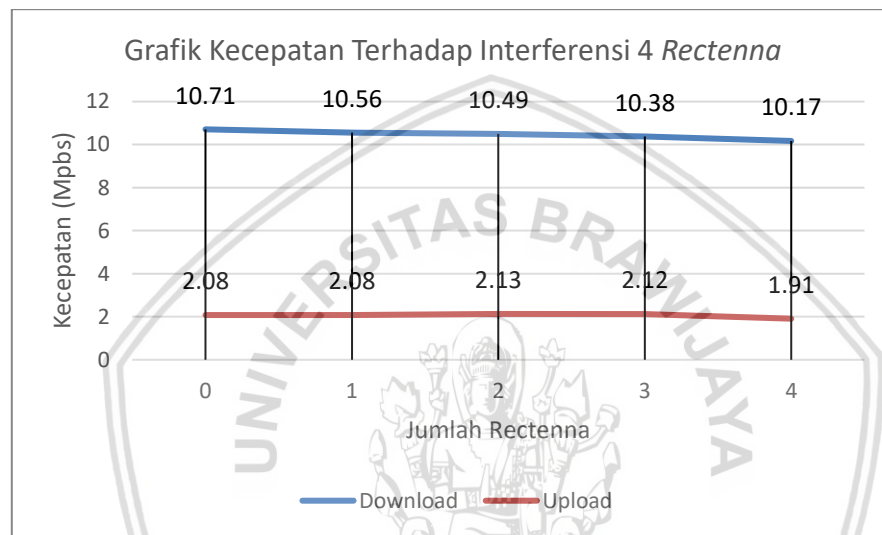
**Gambar 4.26** Proses Pengukuran Kecepatan Dengan Program *Speed Test*

##### 4.2.3.1 Analisis Kecepatan Terhadap Interferensi 4 *Rectenna*

Berikut adalah hasil dari pengukuran parameter kecepatan dengan 4 *rectenna* yang diperlihatkan pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.27.

**Tabel 4.10** Nilai Kecepatan Terhadap Interferensi 4 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	Kecepatan (Mbps)	
	Download	Upload
0	10.71	2.08
1	10.56	2.08
2	10.49	2.13
3	10.38	2.12
4	10.17	1.91

**Gambar 4.27** Grafik Kecepatan Terhadap Interferensi 4 *Rectenna*

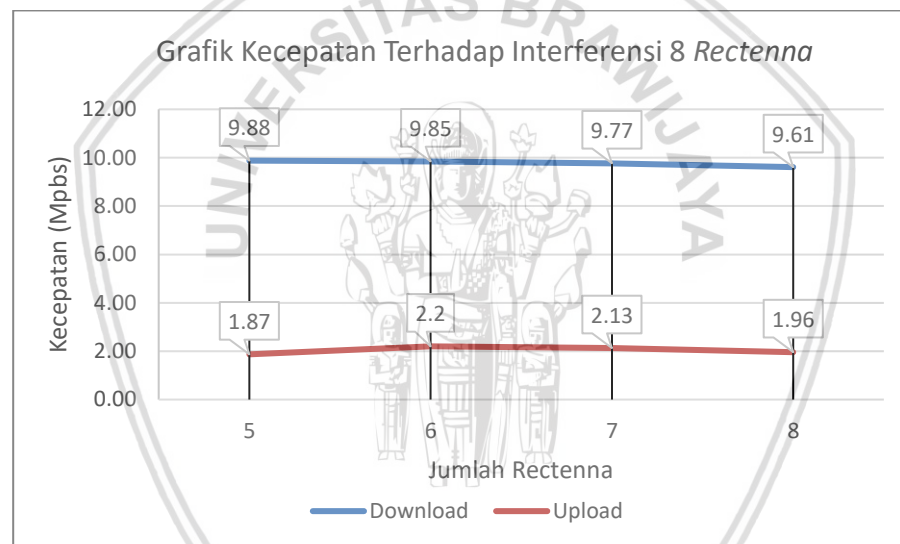
Dari data grafik diatas, dapat diamati terjadinya penurunan kecepatan *download*. Namun penurunan ini cenderung tidak terlalu signifikan. Sedangkan untuk kecepatan *upload* cenderung stabil tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sebelum adanya interferensi dari *rectenna* nilai *download* adalah 10.71 Mbps dan *upload* sebesar 2.08 Mbps. Pada saat ada interferensi 1 buah *rectenna*, kecepatan *download* turun sebesar 0.15 Mbps dari nilai sebelum adanya interferensi. Nilai *download* menjadi 10.56 Mbps sedangkan *upload* tetap sebesar 2.08 Mbps. Untuk nilai *download* saat ada interferensi 2 buah *rectenna* turun menjadi 10.49 Mbps sedangkan nilai *upload* naik menjadi 2.13 Mbps. Pada saat ada interferensi 3 buah *rectenna* nilai *download* mencapai angka 10.38 Mbps, sedangkan nilai *upload* menjadi 2.12 Mbps. Untuk pengukuran saat ada interferensi dari 4 buah *rectenna* kecepatan *download* sebesar 10.17 Mbps, sedangkan kecepatan *upload* sebesar 1.91 Mbps. Data tersebut membuktikan bahwa semakin banyaknya jumlah *rectenna*, maka semakin besar pula interferensi yang menyebabkan penurunan nilai *download* maupun *upload*.

#### 4.2.3.2 Analisis Kecepatan Terhadap Interferensi 8 *Rectenna*

Berikut adalah hasil dari pengukuran parameter kecepatan dengan 8 *rectenna* yang diperlihatkan pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.28.

**Tabel 4.11** Nilai Kecepatan Terhadap Interferensi 8 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	Kecepatan (Mbps)	
	<i>Download</i>	<i>Upload</i>
5	9.88	1.87
6	9.85	2.2
7	9.77	2.13
8	9.61	1.96



**Gambar 4.28** Grafik Kecepatan Terhadap Interferensi 8 *Rectenna*

Dari data grafik diatas, penurunan nilai kecepatan *download* terus berlanjut namun tetap bersifat tidak drastis. Sedangkan untuk kecepatan *upload* cenderung stabil dan mengalami beberapa kali kenaikan. Pada saat ada interferensi 5 buah *rectenna*, kecepatan *download* turun sebesar 0.29 Mbps dari saat ada interferensi 4 buah *rectenna*. Nilai kecepatan *download* menjadi 9.88 Mbps sedangkan kecepatan *upload* menjadi 1.87 Mbps. Untuk nilai *download* saat ada interferensi 6 buah *rectenna* turun menjadi 9.85 Mbps sedangkan nilai *upload* naik menjadi 2.2 Mbps. Pada saat ada interferensi 7 buah *rectenna* nilai *download* mencapai angka 9.77 Mbps, sedangkan nilai *upload* menjadi 2.13 Mbps. Kemudian saat ada interferensi dari 8 buah *rectenna*



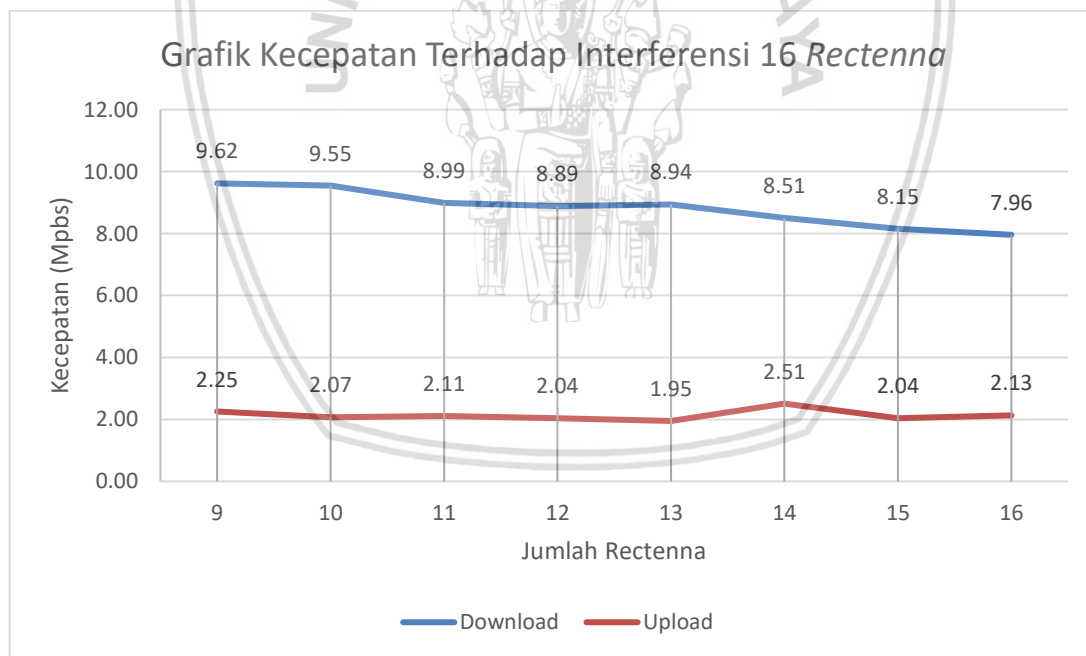
kecepatan *download* kembali turun menjadi 9.61 Mbps, sedangkan kecepatan *upload* menjadi 1.96 Mbps. a

#### 4.2.3.3 Analisis Kecepatan Terhadap Interferensi 16 *Rectenna*

Berikut adalah hasil dari pengukuran parameter kecepatan terhadap 16 *rectenna* yang diperlihatkan pada Tabel 4.12 dan Gambar 4.29.

Tabel 4.12 Nilai Kecepatan Terhadap Interferensi 16 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	Kecepatan (Mbps)	
	Download	Upload
9	9.62	2.25
10	9.55	2.07
11	8.99	2.11
12	8.89	2.04
13	8.94	1.95
14	8.51	2.51
15	8.15	2.04
16	7.96	2.13



Gambar 4.29 Grafik Kecepatan Terhadap Interferensi 16 *Rectenna*

Dari data grafik diatas, penurunan kecepatan *download* maupun *upload* terus terjadi seiring bertambahnya jumlah *rectenna* sebagai penginterferensi. Untuk nilai *download* saat ada interferensi 9 buah *rectenna* turun menjadi 9.62 Mbps sedangkan nilai *upload* naik menjadi 2.25 Mbps. Saat ada interferensi oleh 10 buah *rectenna*, kecepatan *download* turun menjadi 9.55

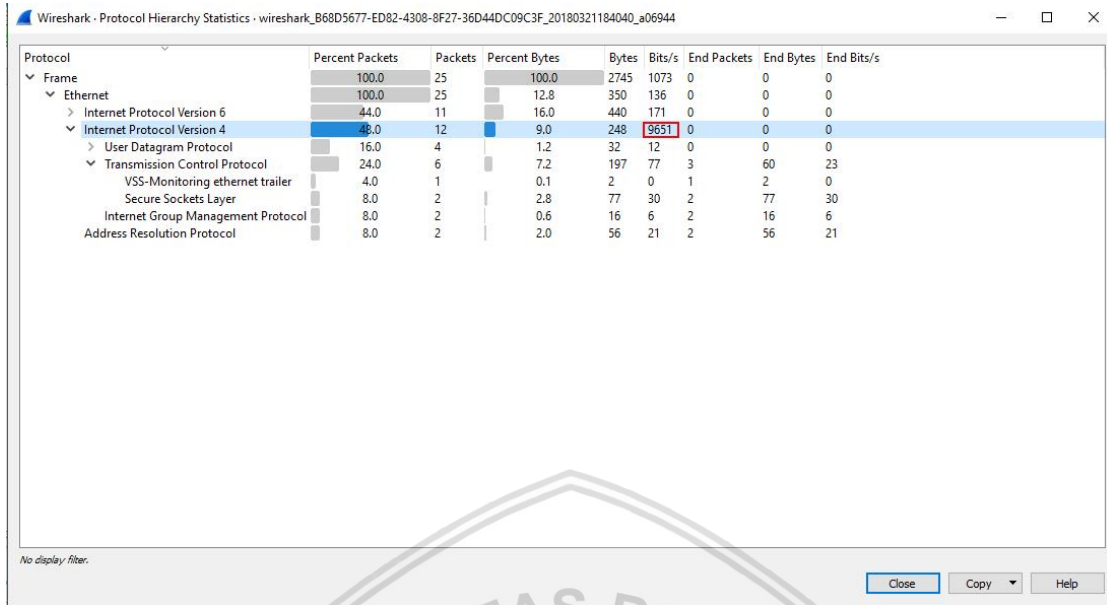
Mpbs dan kecepatan *upload* urun menjadi 2.07 Mbps. Pada saat ada interferensi 11 buah *rectenna* nilai *download* tidak berubah dari sebelumnya, tetap pada angka 8.99 Mbps, sedangkan nilai *upload* naik menjadi 2.11 Mbps. Kemudian saat ada interferensi dari 12 buah *rectenna*, nilai *download* kembali turun menjadi 8.89 Mbps dan nilai *upload* juga turun menjadi 2.04 Mbps. Untuk nilai *download* saat ada interferensi 13 buah *rectenna* naik sebesar 0.05 Mbps menjadi 8.94 Mbps sedangkan nilai *upload* menjadi 1.95 Mbps. Kemudian pada saat ada interferensi 14 buah *rectenna* nilai *download* kembali turun mencapai angka 8.51 Mbps, sedangkan nilai *upload* naik menjadi 2.51 Mbps. Sejauh ini nilai dari kecepatan *download* telah turun cukup signifikan dari pada saat kondisi tanpa ada interferensi dari *rectenna*.

Pada saat adanya interferensi dari 15 buah *rectenna*, kecepatan *download* sedikit menalami penurunan menjadi 8.15 Mbps, sedangkan kecepatan *download* turun menjadi 2.04 Mbps. Pada pengukuran terakhir yaitu dengan 16 buah *rectenna* kecepatan *download* turun menjadi 7.96 Mbps, sedangkan kecepatan *upload* menjadi 2.13 Mbps. Dengan demikian dapat dilihat bahwa pada seluruh pengukuran diatas, nilai kecepatan *download* mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan seiring bertambah banyaknya jumlah beban dari *rectenna*.

Meskipun dapat dipastikan tidak ada pengguna *access point* lain selain penulis, namun hal ini tidak dapat menjadikan *rectenna* 100% penyebab dari turunnya kecepatan dari *access point*. Ada beberapa faktor lain selain faktor beban dari *rectenna*. Seperti faktor dari kabel *ethernet*, peranti *hub*, maupun spesifikasi laptop *server* dan *user* yang memiliki keterbatasan.

#### 4.2.4 Analisis *Throughput*

*Throughput* merupakan kecepatan transfer data secara nyata dengan satuan *bit per second* (bps). Kecepatan *throughput* pada jaringan sangat bergantung pada kondisi trafik yang mempengaruhi proses penyampaian data dan nilai nya dapat berubah ubah setiap detiknya tergantung kondisi trafik penggunaannya. Beberapa faktor yang menentukan nilai *throughput* adalah piranti jaringan, tipe data yang dikirim, banyaknya pengguna jaringan, dan spesifikasi komputer. Gambar 4.30 dibawah ini menunjukkan bagaimana nilai *throughput* diambil dengan menggunakan aplikasi *wireshark*.



**Gambar 4.30** Proses Pengamatan Nilai *Throughput*

Kemudian nilai *throughput* yang telah didapatkan dengan Wireshark, dikonversikan kedalam satuan persen (%) untuk dibandingkan dengan kategori nilai TIPHON dengan Persamaan (4-1) dibawah ini:

$$Throughput (\%) = \frac{Average (Kbps)}{Bandwidth (Kbps)} \times 100\% \quad (4-1)$$

Untuk mengetahui nilai bandwidth dapat diketahui dengan persamaan (4-2)

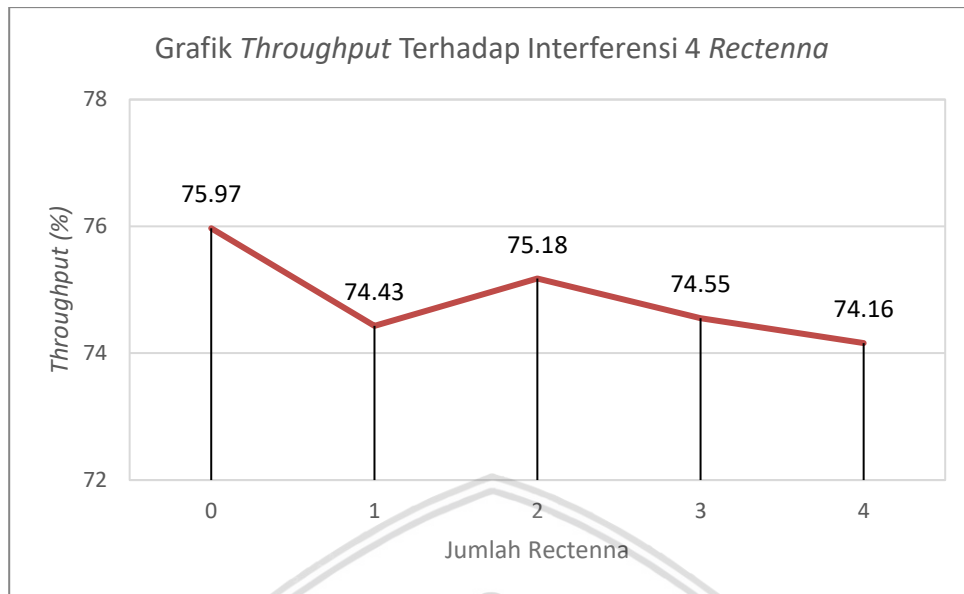
$$Bandwidth = Download + Upload \quad (4-2)$$

#### 4.2.4.1 Analisis *Throughput* Terhadap Interferensi 4 *Rectenna*

Berikut adalah hasil dari pengukuran parameter *throughput* terhadap interferensi 4 *rectenna* yang diperlihatkan pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.31.

**Tabel 4.13** Nilai *Throughput* Terhadap Interferensi 4 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	<i>Throughput</i> (bit/s)	<i>Throughput</i> (%)	Katategori
0	9992	75.97	Baik
1	9871	74.43	Sedang
2	9910	75.18	Baik
3	9894	74.55	Sedang
4	9978	74.16	Sedang



**Gambar 4.31** Grafik *Throughput* Terhadap Interferensi 4 *Rectenna*

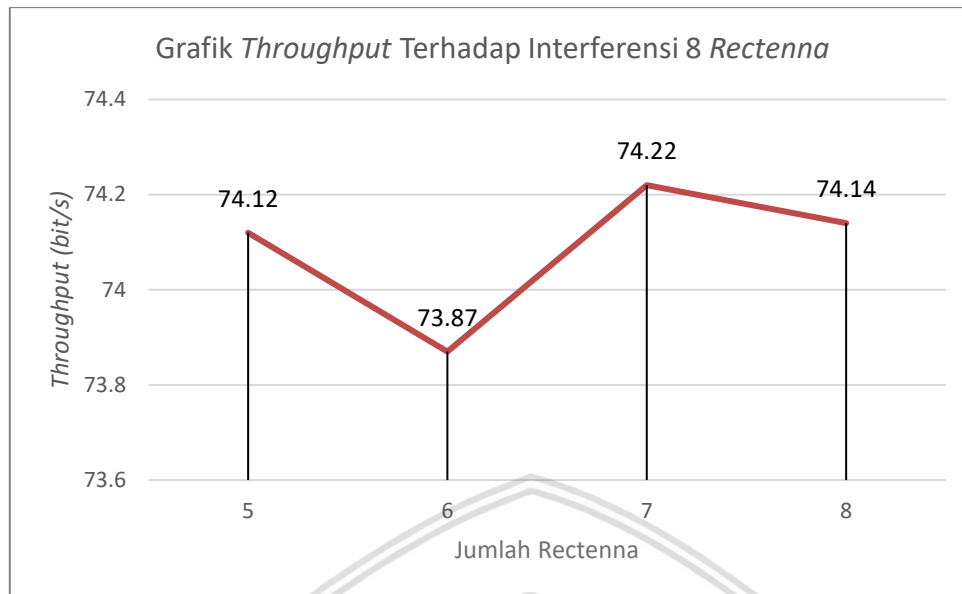
Dari data grafik diatas, dapat dilihat bahwa pada saat tidak ada interferensi dari rectenna besar *throughput* sebesar 75.97%. Saat ada interferensi dari 1 buah *rectenna*, *throughput* mengalami penurunan sebesar 1.85% sehingga nilai *throughput* menjadi 74.12%. Nilai tersebut jika dibandingkan dengan Tabel 2.3 termasuk kategori sedang. Pada saat ada interferensi 2 buah *rectenna*, nilai *throughput* menjadi 75.18%. Sedangkan pada saat ada interferensi 3 buah *rectenna*, nilai *throughput* turun menjadi 74.55%. Pada saat ada interferensi dari 4 buah *rectenna*, nilai *throughput* turun menjadi 74.16%. Nilai tersebut termasuk dalam kategori sedang jika dibandingkan dengan standart TIPHON pada Tabel 2.3.

#### 4.2.4.2 Analisis *Throughput* Terhadap Interferensi 8 *Rectenna*

Berikut adalah hasil dari pengukuran parameter *throughput* terhadap interferensi 8 *rectenna* yang diperlihatkan pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.32.

**Tabel 4.14** Nilai *Throughput* Terhadap Interferensi 8 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	<i>Throughput</i> (bit/s)	<i>Throughput</i> (%)	Kategori
5	9899	74.12	Sedang
6	9889	73.87	Sedang
7	9922	74.22	Sedang
8	9956	74.14	Sedang



**Gambar 4.32** Grafik *Throughput* Terhadap Interferensi 8 *Rectenna*

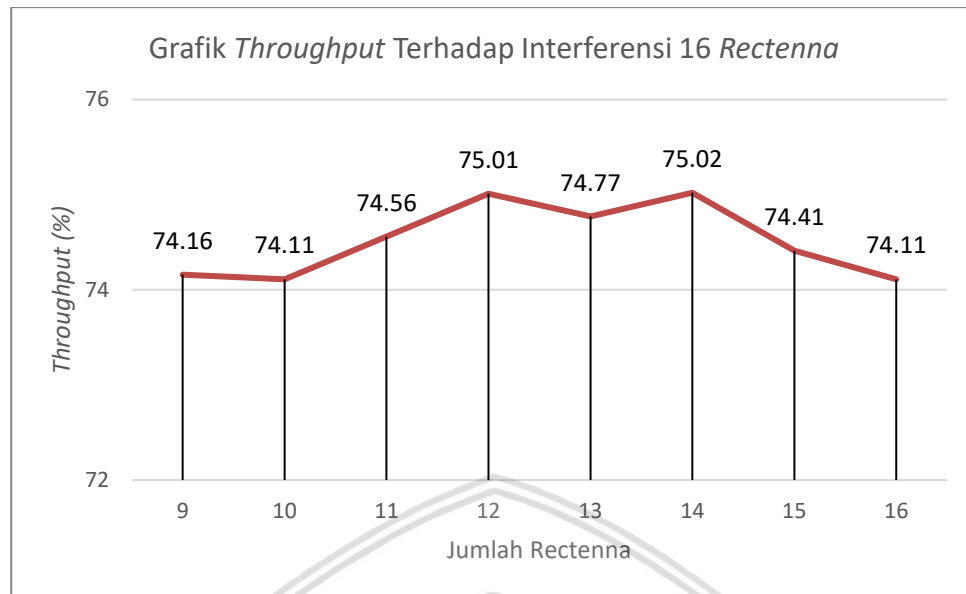
Dari data grafik diatas, nilai *throughput* saat ada interferensi dari 5 buah *rectenna* sebesar 74.12%. Nilai tersebut jika dibandingkan dengan Tabel 2.3 termasuk kategori buruk. Pada saat ada interferensi 6 buah *rectenna*, nilai *throughput* turun menjadi 73.87%. Sedangkan pada saat ada interferensi 7 buah *rectenna*, nilai *throughput* naik menjadi 74.22%. Namun pada saat ada interferensi dari 8 buah *rectenna*, nilai *throughput* mengalami sedikit penurunan sebesar 0.08% menjadi 74.14% dimana nilai tersebut juga termasuk dalam kategori sedang.

#### 4.2.4.3 Analisis *Throughput* Terhadap Interferensi 16 *Rectenna*

Berikut adalah hasil dari pengukuran parameter *throughput* terhadap interferensi 16 *rectenna* yang diperlihatkan pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.25.

**Tabel 4.15** Nilai *Throughput* Terhadap Interferensi 16 *Rectenna*

Jumlah Rectenna	<i>Throughput</i> (bit/s)	<i>Throughput</i> (%)	Kategori
9	9887	74.16	Sedang
10	9856	74.11	Sedang
11	9861	74.56	Sedang
12	9945	75.01	Baik
13	9981	74.77	Sedang
14	10018	75.02	Baik
15	9978	74.41	Sedang
16	9991	74.11	Sedang



**Gambar 4.33** Grafik *Throughput Terhadap Interferensi 16 Rectenna*

Dari data grafik diatas dapat dilihat masih terjadinya naik-turun nilai *throughput* namun tidak signifikan. Saat ada interferensi dari 9 buah *rectenna* nilai *throughput* naik menjadi 74.16%. Pada saat ada interferensi 10 buah *rectenna*, nilai *throughput* turun menjadi 74.11%. Sedangkan pada saat ada interferensi 11 buah *rectenna*, nilai *throughput* naik sebesar 0.35% menjadi 74.56%. Untuk interferensi terhadap 12 buah *rectenna*, nilai *throughput* naik menjadi 75.01%. pada saat ada interferensi 13 buah *rectenna*, nilai *throughput* kembali turun menjadi 74.77%. Kemudian pada saat ada interferensi 14 buah *rectenna*, nilai *throughput* naik menjadi 75.02 %. Sedangkan pada saat ada interferensi 15 buah *rectenna*, nilai *throughput* turun sebesar 0.61% menjadi 75.41%. Untuk pengukuran terakhir yaitu dengan interferensi dari 16 buah *rectenna*, nilai *throughput* mengalami penurunan sebesar 0.30% menjadi 74.11%.

Dari seluruh pengukuran parameter *throughput*, terjadi siklus naik-turun dari nilai *throughput access point* namun tidak signifikan. Kondisi tersebut bahkan terbilang stabil karena berada pada rentang nilai 74%-76%. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan dari *rectenna* tidak mempengaruhi parameter *throughput* karena hasil pengukuran menunjukkan angka yang stabil.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis parameter pada jaringan *Wireless Local Area Network* 802.11n yang terinterferensi dengan *rectenna*, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Jarak paling optimal pada *rectenna* untuk menangkap gelombang pancaran dari WLAN 802.11n adalah pada jarak 40 cm dari WLAN 802.11n, dimana tegangan yang didapatkan *rectenna* adalah sebesar 11.08 mV.
2. Hasil dari analisis parameter *level* daya terima untuk *rectenna* adalah sebagai berikut:
  - a. Rata-rata daya yang didapatkan 4 buah *rectenna* sebesar  $1.062 \times 10^{-9}$  Watt
  - b. Rata-rata daya yang didapatkan 8 buah *rectenna* sebesar  $3.224 \times 10^{-9}$  Watt
  - c. Rata-rata daya yang didapatkan 16 buah *rectenna* sebesar  $3.049 \times 10^{-8}$  Watt

Kualitas level daya terima dari seluruh *rectenna* termasuk kedalam kategori buruk, karena nilai daya terima kurang dari 81 dBm. Namun dengan demikian *rectenna* dapat dikategorikan sebagai penginterferensi dimana secara tidak langsung menyerap daya yang dipancarkan oleh WLAN 802.11n, yang seharusnya ditujukan untuk perangkat lain yang bekerja pada frekuensi yang sama.

3. Hasil dari analisis parameter *delay* yang terjadi pada jaringan WLAN 802.11n adalah sebagai berikut:
  - a. Rata-rata nilai *delay* pada saat tidak ada interferensi dari *rectenna* adalah sebesar 0.0154 detik, dimana termasuk dalam kategori sangat bagus ( $delay < 0.15$  detik)
  - b. Rata-rata nilai *delay* yang terjadi saat ada interferensi dari 4 buah *rectenna* nilai *delay* sebesar 0.4171 detik
  - c. Rata-rata nilai *delay* yang terjadi saat ada interferensi dari 8 buah *rectenna* nilai *delay* sebesar 0.8499 detik
  - d. Rata-rata nilai *delay* yang terjadi saat ada interferensi dari 16 buah *rectenna* nilai *delay* sebesar 2.0631 detik

Sesuai dengan standart TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*), kualitas performansi jaringan setelah adanya interferensi dari 4, 8, dan 16 buah *rectenna* termasuk kategori buruk ( $delay > 0.45$  detik).

Selain dampak dari *rectenna*, penurunan performansi yang mengakibatkan *delay* juga bisa disebabkan oleh besarnya *bandwidth* saat *user* mengakses *video streaming*, dan juga bisa disebabkan oleh perangkat yang digunakan memiliki keterbatasan kemampuan dalam mengakses koneksi dan transfer data besar.

4. Hasil dari analisis parameter kecepatan (*download* dan *upload*) yang dihasilkan jaringan WLAN 802.11n adalah sebagai berikut:
  - a. Pada saat tidak ada interferensi dari *rectenna* nilai *download* adalah sebesar 10.71 Mbps dan *upload* sebesar 2.08 Mbps
  - b. Saat ada interferensi dari 4 buah *rectenna* nilai *download* sebesar 10.17 Mbps dan *upload* sebesar 2.08 Mbps
  - c. Saat ada interferensi dari 8 buah *rectenna* nilai *download* sebesar 9.61 Mbps dan *upload* sebesar 1.96 Mbps
  - d. Saat ada interferensi dari 16 buah *rectenna* nilai *download* sebesar 7.96 Mbps dan *upload* sebesar 2.13 Mbps

Hal ini membuktikan bahwa semakin banyaknya jumlah *rectenna*, maka semakin besar pula interferensi yang menyebabkan penurunan nilai kecepatan *download* dan *upload*. Meskipun dapat dipastikan tidak ada pengguna *access point* lain selain penulis, namun hal ini tidak dapat menjadikan *rectenna* 100% penyebab dari turunnya kecepatan dari *access point*. Ada beberapa faktor lain selain faktor beban dari *rectenna*. Seperti faktor dari kabel *ethernet*, peranti *hub*, maupun spesifikasi laptop *server* dan *user* yang memiliki keterbatasan.

5. Hasil dari analisis parameter *throughput* yang dihasilkan jaringan WLAN 802.11n adalah sebagai berikut:
  - a. Saat tidak ada interferensi dari *rectenna*, nilai *throughput* yang dihasilkan adalah sebesar 75.97 %
  - b. Saat ada interferensi dari 4 buah *rectenna*, nilai *throughput* yang dihasilkan sebesar 74.43%
  - c. Saat ada interferensi dari 8 buah *rectenna*, nilai *throughput* yang dihasilkan sebesar 74.14%
  - d. Saat ada interferensi dari 16 buah *rectenna*, nilai *throughput* yang dihasilkan sebesar 74.11%

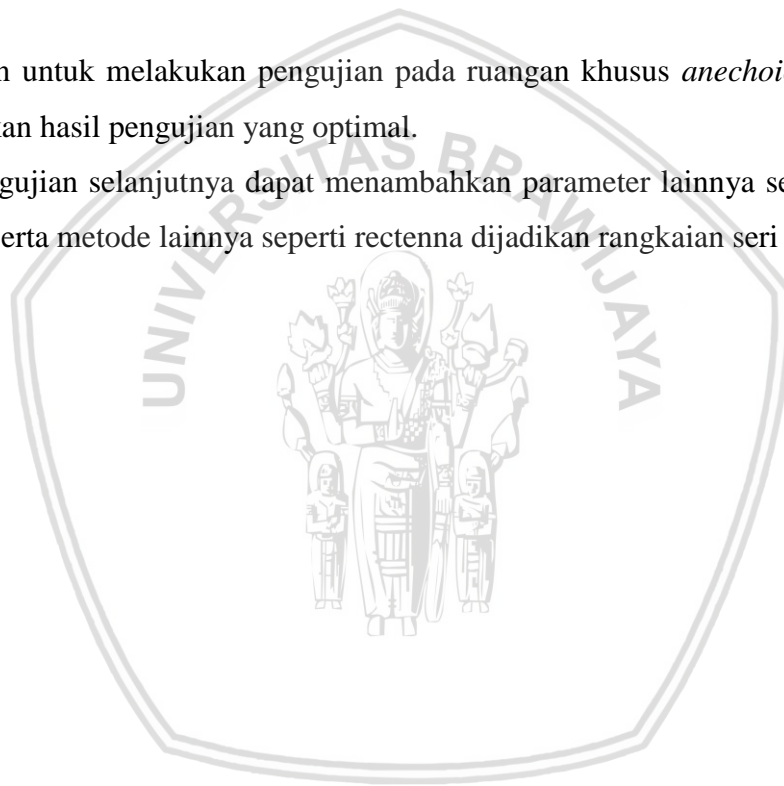
Dari seluruh pengukuran parameter *throughput*, terjadi siklus naik-turun dari nilai *throughput access point* namun tidak signifikan. Kondisi tersebut bahkan terbilang stabil karena berada pada rentang nilai 74%-76%.

Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan dari *rectenna* tidak mempengaruhi performansi WLAN 802.11n pada parameter *throughput* karena hasil pengukuran menunjukkan angka yang stabil.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang ingin penulis berikan demi pengembangan skripsi ini selanjutnya, antara lain:

1. Pemakaian *rectenna* sebaiknya dilakukan dengan jenis *rectenna* yang memiliki bentuk yang sama baik itu ukuran maupun bentuk *patch* agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
2. Diharapkan untuk melakukan pengujian pada ruangan khusus *anechoic chamber* agar mendapatkan hasil pengujian yang optimal.
3. Untuk pengujian selanjutnya dapat menambahkan parameter lainnya seperti *packetloss* dan *gain*, serta metode lainnya seperti *rectenna* dijadikan rangkaian seri atau *parallel*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, Constantine A. 2005. *Antena Theory Analysis And Design*. Canada: Jhon Wiley & Son.
- Edminister, Joseph a. 1995. *Theory and Problems of Electromagnetics 2<sup>nd</sup> Ed*, New York: McGraw-Hill.
- Julio A.Navarro dan Kai Chang. 1996. *Integrated Active Antennas and Spatial Power Combining*. USA: John Willey.
- Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antena for use in Nirkabel/Cellular Devices*. Thesis The Florida State University.
- Nugraha, Rawan. 2013 *Perancangan dan Realisasi Rectifier Antenna pada frekuensi 900 MHz -5GHz sebagai sumber alternatif*. Skripsi. Bandung: Universitas Telkom.
- Volakis, John L. 2007. *Antenna Engineering Handbook Fourth Edition*. New York: McGraw-Hill International.
- Sandi, Mulyana. 2013. *Ilmu Komunikasi: Suatu Pengantar*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Arianto, Tri, 2009, *Implementasi Wireless Local Area Network dalam RT/RW Net*, *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 14(2) :152-157
- Escala, Omar André Campana. 2010. *Study of the efficiency of rectifying antenna systems for electromagnetic energy harvesting*. Barcelona: Escola Tècnica Superior Enginyeria de Telecomunicació.
- J. Paulo dan P.D. Gaspar. 2010. *Review and future trend of energy harvesting methods for portable medical devices*. U.K: London.
- Posma, S.N. 2012. *Pemanenan Energi Frekuensi Radio 900 MHz Menggunakan Rectenna Untuk Perangkat Mobile*. Surabaya: Institut Sepuluh November.
- Tharom, Tabratas Onno W Purbo. 2001. *Teknologi VoIP (Voice over Internet Protocol)*. Jakarta: Gramedia.